

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

OPTIMASI PEMANFAATAN AIR SUNGAI KESER UNTUK DAERAH IRIGASI NGASINAN MENGUNAKAN PROGRAM LINIER

AZIS SEPTIAN BESTARI

NRP 3114 030 010

NI NYOMAN ADUM MARRUSHARTATI

NRP 3114 030 030

Dosen Pembimbing I

Ir. Edy Sumirman, MT.

NIP. 19581212 198701 1 001

Dosen Pembimbing II

M. Hafiih Imaaduddiin, ST., MT.

NIP. 19860212 201504 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

OPTIMASI PEMANFAATAN AIR SUNGAI KESER UNTUK DAERAH IIRIGASI NGASINAN MENGUNAKAN PROGRAM LINIER

AZIS SEPTIAN BESTARI

NRP 3114 030 010

NI NYOMAN ADUM MARRUSHARTATI

NRP 3114 030 030

Dosen Pembimbing I

Ir. Edy Sumirman, MT.

NIP. 19581212 198701 1 001

Dosen Pembimbing II

M. Hafiizh Imaaduddiin, ST., MT.

NIP. 19860212 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

OPTIMIZATION OF WATER UTILIZATION OF KESER RIVER FOR IRRIGATION AREA OF NGASINAN USING LINEAR PROGRAM

AZIS SEPTIAN BESTARI

NRP 3114 030 010

NI NYOMAN ADUM MARRUSHARTATI

NRP 3114 030 030

Consellor Lecturer I

Ir. Edy Sumirman, MT.

NIP. 19581212 198701 1 001

Consellor Lecturer II

M. Hafiizh Imaaduddiin, ST., MT.

NIP. 19860212 201504 1 001

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM CIVIL ENGINEERING
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

**OPTIMASI PEMANFAATAN AIR SUNGAI KESER UNTUK
DAERAH IRIGASI NGASINAN MENGGUNAKAN
PROGRAM LINIER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Bidang Studi Bangunan Air Program Studi D-III Jurusan
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Mahasiswa I



AZIS SEPTIAN BESTARI
3114 030 010

Mahasiswa II



NI NYOMAN ADUM M.
3114 030 030

Surabaya, Juli 2017

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:
Pembimbing I Pembimbing II



Ir. Edy Sumirman, MT.
NIP. 19581212 198701 1 001

M. Hafiizh I, ST., MT.

NIP. 19860212 201504 1 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda : 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 13 Juli 2017

Judul Tugas Akhir Terapan

Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Tugu untuk Daerah Irigasi Ngasinan Menggunakan Program Linier

Nama Mahasiswa 1

Azis Septian B.

NRP

3114030010

Nama Mahasiswa 2

Ni Nyoman Adum M.

NRP

3114030030

Dosen Pembimbing 1

Ir. Edy Sumirman, MT
NIP 19581212 198701 1 001

Tanda tangan

Dosen Pembimbing 2

M. Hafizh I, ST. MT
NIP 19860212 201504 1 001

Tanda tangan

URAIAN REVISI

Dosen Penguji

Ir. Edy Sumirman, MT
NIP 19581212 198701 1 001

1. Penyesuaian judul T.A. dengan data dan Analisa yang telah diberikan.

M. Hafizh I, ST. MT
NIP 19860212 201504 1 001

2. Disesuaikan judul dan isi Tugas Akhir di tambahkann sesuai yg sdh di jelaskan di ppt

S. Kamilia Aziz, ST. MT
NIP 19771231 200604 2 001

3. Semua objectives function & constraints di alternatif 13/2017
4. Flouchart sipitaki semua dengan pola yg di
5. Apa kesimpulan, mana yg dipilih?

Tatas, ST. MT
NIP 19800621 200501 1 002

Dr. Ir. Suharjoko, MT
19560119 198403 1 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

Dosen Penguji 3

Dosen Penguji 4

Dosen Penguji 5

Ir. Edy Sumirman, MT
NIP 19581212 198701 1 001

M. Hafizh I, ST. MT
NIP 19860212 201504 1 001

S. Kamilia Aziz, ST. MT
NIP 19771231 200604 2 001

Tatas, ST. MT
NIP 19800621 200501 1 002

Dr. Ir. Suharjoko, MT
NIP 19560119 198403 1 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk
Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir
Terapan

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Edy Sumirman, MT
NIP 19581212 198701 1 001

M. Hafizh I, ST. MT
NIP 19860212 201504 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 Azis Septian B.

2 Ni Nyoman Adum M

NRP

: 1 3114 030 010

2 3114 030 030

Judul Tugas Akhir

: OPTIMASI PEMANFAATAN AIR WADUK TUGU UNTUK
DAERAH IRIGASI NGARAN MENGEUNAKAN
PROGRAM LINIER

Dosen Pembimbing

: Edy Sumirnan, M.T

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	9/3 2017	- cari data lengkap - pelajari persamaan 4/ memasukan ke program.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	20/3 2017	- Musim transisi? → Bila ada data - Sebutkan jenis padi & pelawija pada bab V		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	29/3 2017	- Sebutkan informasi data tsb dr mana - Belajar iterasi (pemahaman P&M)		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2/5 2017	- Debit tersedia → pakai rumus - tambah data tahun debit sungai - cari data peta D.I.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	23/5 2017	- Revisi Kesimpulan. - Buat hidrogram supply sungai yang masuk ke k. Ngaranan. - Masukan di kesimpulan → keterbatasan data existing.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 Azis Septian B.

: 1 3114 030 010

: OPTIMASI PEMANFAATAN AIR WADUK TUGU UNTUK
DAERAH IRIGASI NEASINAKI MENGEUNAKAN
PROGRAM LINEER

2 Ni Nyoman Adum M.

2 3114 030 030

Dosen Pembimbing

: M. Hafizh Imaddudin ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	03/03 2017	Menghitung debit andalan (CH dg metode penman modifikasi) dari literatur.				
2	20/3 2017	- Buat kata untuk menjelaskan tgl 10 harian. - Jelaskan tahapan trapezium. - Langkah bab VII merukan pd bab metodologi. - Sub bab bahas alternatif pd bab VI. - update data harga panen.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	22/5 2017	- Pakai data sungai 10 harian - Tambah data debit sungai 5th kebelakang. - Optimasi → perencanaan 6 offer → luar 1931 Ha (existing) - Evapotranspirasi → data klimatologi samakan semua (th 2014) - CH rata-rata → metode aljabar. - data CH stasiun → lampiran - buat sket sungai sampai menuju		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		DI ngarinkan.				

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Tertambat dari jadwal

OPTIMASI PEMANFAATAN AIR SUNGAI KESER UNTUK DAERAH IRIGASI NGASINAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER

Nama Mahasiswa I : Azis Septian Bestari (3114 030 010)
Nama Mahasiswa II : Ni Nyoman Adum M (3114 030 030)
**Jurusan : Diploma III Departemen Teknik
Infrastuktur Sipil**
Dosen Pembimbing I : Ir. Edy Sumirman, MT.
Dosen Pembimbing II : M. Hafiih Imaaduddiin, ST., MT.

ABSTRAK

Daerah Irigasi Ngasinan terletak di Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Daerah Irigasi Ngasinan ini disuplai dari beberapa sungai salah satunya yaitu, Sungai Keser. Luas daerah irigasi yang dilayani adalah sebesar 1.931 Ha. Upaya meningkatkan kesejahteraan rakyat terus diwujudkan, salah satunya adalah pengaturan pemberian air irigasi yang baik dan juga pengaturan pola tanam yang lebih optimal agar dapat menghasilkan produktivitas yang paling maksimal.

Untuk memaksimalkan dari segi hasil keuntungan hasil panen dan intensitas tanam, dilakukan studi optimasi agar dapat memaksimalkan keuntungan hasil usaha tani berdasarkan luasan lahan yang optimal. Untuk analisa ini digunakan program linier dengan program bantu *Quantity Methods for Windows 3*. Dengan batasan debit andalan yang ada dan kebutuhan air tiap awal tanam disetiap bulan yang akan direncanakan, dijadikan batasan/kendala yang digunakan sebagai input untuk pengoperasian program liniernya. Output dari perhitungan ini nantinya ialah luas sawah yang dapat ditanami sesuai dengan jenis tanaman dan musim tanamnya serta hasil keuntungan hasil tani yang akan diperoleh.

Dari hasil perencanaan pola tanam padi/palawija dan awal tanam disetiap bulan yang direncanakan, diperoleh hasil intensitas tanam sebesar 189,63% dan menghasilkan keuntungan sebesar Rp 52,778,650,000.

Kata kunci : Sungai Keser, daerah irigasi Ngasinan, pola tanam, awal tanam, optimasi, program linier.

OPTIMIZATION OF WATER UTILIZATION OF TUGU TRENGGALEK RESERVOIR FOR IRRIGATION AREA OF NGASINAN USING LINEAR PROGRAM

Student Name I : Azis Septian Bestari (3114 030 010)
Student Name II : Ni Nyoman Adum M (3114 030 030)
**Major : Diploma III Infrastructure Civil
Engineering Department**
Consellor Lecturer II : Ir. Edy Sumirman, MT.
Consellor Lecturer II : M. Hafiizh Imaaduddiin, ST., MT.

ABSTRACT

Ngasinan irrigation area is located in Trenggalek district, East Java. Ngasinan irrigation area is supplied from several rivers one of them is, Keser River. The total area of irrigation served is 1,931 Ha. Efforts to improve the welfare of the people continue to be realized, one of which is the regulation of the provision of irrigation water is good and also setting a more optimization planting patterns in order to produce maximum productivity.

To maximize in terms of yield and crop intensity, an optimization study is conducted in order to maximize the profit of farming result based on optimal land area. For this analysis a linear program is used with *Quantity Methods for Windows 3* program. With the limitation of existing mainstay discharge and water requirement each beginning of planting in every month that will be planned, used as limit/obstacle which is used as input for operation of its linear program. The output of this calculation will be the area of rice fields that can be culvitated in accordance with the type of plant and planting season and the results of farm profits to be obtained.

From the results of planning pattern of rice planting/crops and the beginning of planting in each month planned, obtained by planting intensity of 189,63% and yielding profit equal to Rp 52,778,650,000.

Keywords: Keser River irrigation area, Ngasinan, planting pattern, beginning of planting, optimization, linear program.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya lah kami dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dalam tugas akhir terapan ini membahas tentang **“OPTIMASI PEMANFAATAN AIR SUNGAI KESER UNTUK DAERAH IRIGASI NGASINAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER”**. Tugas akhir terapan ini dibuat untuk memenuhi syarat pengerjaan tugas akhir program Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Oleh karena itu, kami mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak yang sudah membantu dalam penyusunan tugas akhir terapan ini, diantaranya kepada:

1. Bapak Dr. Machsus, ST. MT., selaku ketua Jurusan Diploma Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Bapak Ir. Edy Sumirman, MT. selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir Terapan,
3. Bapak M. Hafiizh Imaaduddiin, ST., MT. selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir Terapan,
4. Bapak dan ibu serta orang – orang yang sudah mendukung dan mendoakan atas kelancaran pengerjaan tugas akhir terapan ini,
5. Rekan – rekan Diploma Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam pengerjaan tugas akhir terapan kami ini, kami menyadari masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik

dan saran yang membangun dari pihak jika terdapat kesalahan dan kekurangan dengan itu, kritik dan saran yang membangun akan selalu kami terima demi kesempurnaan tugas akhir terapan kami kedepan.

Surabaya, 3 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Lokasi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Analisa Hidrologi	5
2.1.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata	5
2.1.2 Analisa Curah Hujan Efektif	5
2.1.3 Analisa Debit Andalan	7
2.1.4 Analisa Klimatologi	7
2.2 Analisa Kebutuhan Air untuk Irigasi	9
2.2.1 Penyiapan Lahan	10
2.2.2 Penggunaan Konsumtif	11
2.2.3 Perkolasi dan Rembesan.....	11

2.2.4 Pergantian Lapisan Air	12
2.2.5 Curah Hujan Efektif.....	12
2.2.6 Koefisien Tanaman.....	13
2.2.7 Efisiensi Irigasi	14
2.2.8 Rencana dan Pola Tanam	15
2.2.9 Perencanaan Penggolongan	16
2.3 Optimasi dengan Program Linier	17
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Studi Literatur	23
3.2 Survey Pendahuluan.....	23
3.3 Pengumpulan Data	23
3.4 Analisa Data	24
3.5 Analisa Optimasi Program Linear.....	25
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	26
3.7 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir.....	31
BAB IV ANALISA HIDROLOGI.....	33
4.1 Analisa Klimatologi dan Evapotranspirasi	33
4.2 Curah Hujan Rata-Rata.....	37
4.3 Curah Hujan Efektif	38
4.4 Debit Andalan.....	45
BAB V KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI.....	53
5.1 Tinjauan Umum.....	53
5.2 Perencanaan Pola Tanam.....	53
5.3 Langkah Menentukan Kebutuhan Air untuk Irigasi	56

5.4 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi.....	59
BAB VI ANALISA OPTIMASI	67
6.1 Model Optimasi.....	67
6.2 Produktivitas dan Harga Hasil Panen.....	68
6.3 Model Matematika Optimasi.....	69
6.4 Perhitungan Optimasi	79
6.5 Intensitas Tanam.....	83
6.6 Analisa Stabilitas Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air	84
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	85
7.1 Kesimpulan.....	85
7.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	87

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema Sungai Keser dan DI Ngasinan.....	4
Gambar 2.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Metode Simpleks.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Optimasi Program Linier.....	30
Gambar 6.1 Model Optimasi dalam Program Linier.....	70
Gambar 6.2 Hasil Optimasi dalam Program Linier	80
Gambar 6.3 Grafik Luas dari Pola Tata Tanam Hasil Optimasi .	83
Gambar 6.4 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air	84

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Evaporasi Tanaman Palawija FAO.....	14
Tabel 2.2 Koefisien Evaporasi Tanaman Padi	14
Tabel 2.3 Besaran Efisiensi	15
Tabel 2.4 Tabel Pola Tanam.....	16
Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Tabel Simpleks	19
Tabel 3.1 Alternatif pola tanam dan awal masa tanam.....	28
Tabel 3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	31
Tabel 4.1 Nilai Koreksi Bulanan (c) untuk rumus Penmann Modifikasi	35
Tabel 4.2 Data Klimatologi Trenggalek Tahun 2014.....	36
Tabel 4.3 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial	36
Tabel 4.4 Curah Hujan Rata-Rata 10 Harian.....	38
Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan Re 80%	40
Tabel 4.6 Curah Hujan efektif rata-rata bulanan dikaitkan dengan ET Tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (USDA(SCS),1696).....	41
Tabel 4.7 Perhitungan Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Palawija (Jagung)	42
Tabel 4.8 Curah Hujan Efektif untuk Padi dan Palawija.....	44
Tabel 4.9 Data Debit Inflow Sungai Keser periode 10 harian.....	47
Tabel 4.10 Perhitungan Debit Andalan 80% (Q_{80}).....	49
Tabel 4.11 Rekapitulasi Debit Andalan Tiap Musimnya	50
Tabel 5.1 Rencana Alternatif Pola Tanam dan Awal Masa Tanam	55
Tabel 5.2 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyediaan Lahan ..	58

Tabel 5.3 Perhitungan Kebutuhan Air Bulan Januari I, Mei I, September I.....	60
Tabel 5.4 Perhitungan Kebutuhan Air Bulan Februari I, Juni I, Oktober I.....	61
Tabel 5.5 Perhitungan Kebutuhan Air Bulan Maret I, Juli I, November I.....	62
Tabel 5.6 Perhitungan Kebutuhan Air Bulan April I, Agustus I, Desember I.....	63
Tabel 5.7 <i>Plotting</i> Kebutuhan Debit untuk Irigasi.....	65
Tabel 6.1 Nilai Produksi dan Biaya Produksi Padi dan Palawija tahun 2015 di Kabupaten Trenggalek.....	68
Tabel 6.2 Rekapitan Luasan Hasil Optimalisasi	82
Tabel 6.3 Rekapitan Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air.....	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Keser merupakan salah satu sungai penyuplai air untuk Daerah Irigasi Ngasinan. Daerah Irigasi Ngasinan mendapatkan sembilan suplai air. Daerah Irigasi Ngasinan berada di Kabupaten Trenggalek dan sebagian berada di Kabupaten Tulungagung.

Kondisi pertanian di Daerah Irigasi Ngasinan umumnya menggunakan pola tanam padi – palawija – palawija. Tanaman palawija yang digunakan di daerah eksisting adalah jagung. Lahan produktif yang dapat digunakan untuk irigasi seluas 1.931 Ha. Hasil panen yang didapatkan kurang maksimal dikarenakan masih ada lahan yang bero (lahan sawah yang tidak terairi dan juga tidak tertanami).

Upaya meningkatkan kesejahteraan rakyat terus diwujudkan dengan meningkatkan ekonomi masyarakat. Salah satunya adalah pengaturan pemberian air irigasi yang baik dan juga pengaturan pola tanam yang lebih optimal agar dapat menghasilkan produktivitas yang paling maksimal ditinjau dari segi hasil keuntungan jual panen.

Maka dari ini, perlu dilakukan studi optimasi Sungai Keser, optimasi dilakukan dengan pemanfaatan ketersediaan air Sungai Keser. Dengan adanya studi optimasi dapat diketahui pengaturan pembagian air yang paling optimal. Menyadari ini maka kami mengambil tugas akhir dengan pokok bahasan yang dititik beratkan pada optimasi irigasi dengan judul “Optimasi Pemanfaatan Air Sungai Keser untuk Daerah Irigasi Ngasinan menggunakan Program Linier”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi di atas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar debit andalan Sungai Keser yang dapat digunakan untuk irigasi?
2. Berapa besar kebutuhan air irigasi dari tiap-tiap alternatif pola tanam dan awal tanam yang direncanakan?
3. Berapa besar keuntungan maksimum (Rp) dari hasil produksi berdasarkan alternatif pola tanam yang direncanakan?
4. Berapa besar intensitas tanam dari alternatif yang terpilih?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat diketahui besar debit andalan Sungai Keser yang dapat digunakan untuk irigasi.
2. Dapat diketahui besar kebutuhan air irigasi untuk masing-masing pola tanam dan awal tanam yang direncanakan.
3. Dapat diketahui besar keuntungan yang maksimum (dalam Rupiah) dari alternatif pola tanam yang direncanakan.
4. Dapat diketahui hasil intensitas tanam (%) dari alternatif yang terpilih.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan judul tugas akhir di atas maka permasalahan dibatasi mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang ada di lapangan.
2. Periode pemberian air untuk irigasi dilakukan setiap 10 harian.
3. Studi ini hanya membahas areal daerah irigasi Ngasinan seluas 1.931 Ha.

4. Studi ini hanya membahas debit andalan hanya yang ada di Sungai Keser dan digunakan untuk kebutuhan irigasi.
5. Jenis tanaman palawija yang digunakan adalah Jagung.
6. Dalam studi ini direncanakan dengan 1 pola tanam.
Adapun tipe pola tanamnya sebagai berikut:
 1. Tipe 1 : Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija
 Adapun alternatif awal masa tanamnya sebagai berikut:
 1. Awal masa tanam 1 pada bulan Januari I
 2. Awal masa tanam 2 pada bulan Februari I
 3. Awal masa tanam 3 pada bulan Maret I
 4. Awal masa tanam 4 pada bulan April I
 5. Awal masa tanam 5 pada bulan Mei I
 6. Awal masa tanam 6 pada bulan Juni I
 7. Awal masa tanam 7 pada bulan Juli I
 8. Awal masa tanam 8 pada bulan Agustus I
 9. Awal masa tanam 9 pada bulan September I
 10. Awal masa tanam 10 pada bulan Oktober I
 11. Awal masa tanam 11 pada bulan November I
 12. Awal masa tanam 12 pada bulan Desember I
7. Studi ini tidak merencanakan sistem jaringan dan bangunan irigasi.
8. Studi ini tidak membahas ekonomi teknik.

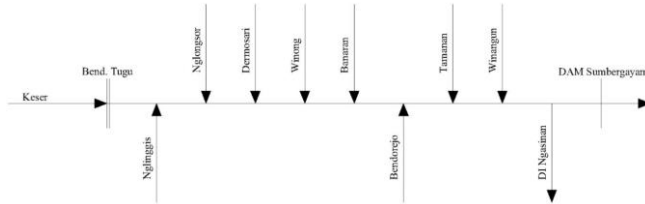
1.5 Manfaat

Manfaat optimasi dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil optimasi yang dilakukan dapat diketahui pembagian air Sungi Keser untuk irigasi yang paling optimal.
2. Hasil studi dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan oleh pengambil kebijakan pengelolaan sumber daya air dalam pengelola air Sungai Keser.

1.6 Lokasi

Lokasi Sungai Keser berada di Kabupaten Trenggalek. Letak Geografis Sungai Keser pada posisi $08^{\circ} 07' 01''$ Lintang Selatan (LS) dan $112^{\circ} 41' 29,7''$ Bujur Timur (BT).



Gambar 1.1 Skema Sungai Keser dan Daerah Irigasi Ngasinan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

Dalam suatu optimasi perlu dilakukan adanya analisa hidrologi. Dari data-data yang tersedia akan digunakan untuk perhitungan curah hujan rata-rata, perhitungan curah hujan efektif, perhitungan debit (*inflow*) andalan, serta perhitungan evapotranspirasi yang terjadi berdasarkan keadaan klimatologi daerah irigasi di lokasi studi.

2.1.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata

Curah hujan pada suatu daerah yang luas memiliki intensitas yang berbeda-beda. Curah hujan pada suatu daerah yang memiliki titik pengamatan curah hujan lebih dari satu maka harus dihitung curah hujan rata-ratanya.

Salah satu cara perhitungan curah hujan rata-rata ini ialah dengan menggunakan rumus cara rata-rata aljabar dengan alasan bahwa cara ini ialah obyektif yang berbeda dengan isohyets, dimana faktor subyektif turut menentukan (Harto, 1993). Adapun rumusan rata-rata aljabar sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Dimana:

\bar{R} = Area curah hujan (mm)

R_i = Titik curah hujan pada stasiun ke-i (mm)

n = Jumlah stasiun pengamat

2.1.2 Analisa Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya.

Curah hujan efektif ini dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman.

Besarnya curah hujan yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air, sehingga dapat memperkecil debit yang diperlukan dari pintu pengambilan. Mengingat bahwa jumlah curah hujan yang turun tersebut tidak semuanya dapat dipergunakan untuk tanaman dalam pertumbuhannya, maka disini perlu diperhitungkan dan dicari curah hujan efektifnya.

Curah hujan efektif (R_{eff}) ditentukan besarnya R_{80} yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%.

Ada berbagai cara untuk mencari curah hujan efektif ini yang telah dikembangkan oleh berbagai ahli, diantaranya ialah:

1. Cara Empiris

Harza Engineering Comp.Int. menghitung besarnya curah hujan efektif berdasarkan $R_{80} = \text{Rainfall equal or exceeding in 8 years out of 10 years}$. Bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1$$

Dimana:

$R_{eff} = R_{80}$ = Curah hujan efektif 80% (mm/hari)

$\frac{n}{5} + 1$ = rangking curah hujan efektif (R_e) dihitung dari rangking terkecil

n = Periode lama pengamatan

2. Cara Statistik

Dengan menghitung probabilitas curah hujan efektif yang 80% disamai atau dilampaui. Metode yang dapat dipakai antara lain adalah dengan metode Distribusi Normal, log Normal, Pearson Tipe III, dsb.

Dalam tugas akhir ini perhitungan curah hujan efektif menggunakan metode cara empiris mengikuti metode yang digunakan di lokasi studi.

2.1.3 Analisa Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhinya yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Misalnya ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup akurat, catatan data yang diperlukan minimal 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Dalam menghitung debit andalan, harus dipertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Dari data debit *inflow* yang diperoleh pada studi ini, maka diketahui pengisian air berlangsung tiap bulannya selama setahun. Data ini nantinya akan dipakai dalam perhitungan debit yang masuk ke daerah irigasi (debit *inflow*).

2.1.4 Analisa Klimatologi

Evapotranspirasi adalah peristiwa evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber seperti tanah, atap dan badan air.

Sedangkan transpirasi ialah pergerakan air di dalam tumbuhan yang hilang melalui stomata akibat diuapkan oleh daun.

Iklim mempunyai peranan penting dalam penentuan karakteristik tersebut. Yang termasuk dalam data meteorologi antara lain: temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari.

Di dalam perhitungan dikenal ada dua istilah evapotranspirasi yaitu (Triatmojo, 2009):

- a. Evapotranspirasi potensial, terjadi apabila tersedia cukup air untuk memenuhi pertumbuhan optimum.
- b. Evapotranspirasi aktual, terjadi dengan kondisi pemberian air seadanya untuk memenuhi pertumbuhan.

Namun yang digunakan untuk optimasi pemanfaatan air ini adalah evapotranspirasi potensial yang dapat dihitung dengan metode Penman modifikasi sebagai berikut (Pruitt dan Doorenbos, 1977):

$$ET_o = c \{W. R_n + (1 - W).f(u). (e_a - e_d)\}$$

Dimana:

- | | | |
|-----------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| c | = | faktor pergantian kondisi cuaca akibat siang dan malam |
| W | = | faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial (mengacu pada tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian) |
| (1 - W) | = | faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban pada ET_o |
| ($e_a - e_d$) | = | perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar) ($e_d = e_a \times RH$) |
| R_n | = | radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hari) |

$$R_n = \left(0,25 + 0,5 \left(\frac{n}{N} \right) \right) \times R_a$$

$$R_{ns} = R_n (1 - \alpha) ; (\alpha = \text{koefisien pemantulan} = 0,25)$$

$$R_{n1} = T^4 (0,34 - 0,044 e^{0,5}) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right)$$

$$f(u) = \text{fungsi pengaruh angin pada ETo}$$

$$= 0,27 \times \left(1 + \frac{U}{100} \right)$$

dimana U merupakan kecepatan angin rata-rata selama 24 jam dalam m/det di ketinggian 2 m.

2.2 Analisa Kebutuhan Air untuk Irigasi

Kebutuhan air irigasi yaitu jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Suatu pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh ketersediaan air di dalam tanah. Kekurangan air akan mengakibatkan terjadinya gangguan aktifitas fisiologis tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman akan terhenti. Salah satu upaya peningkatan ketersediaan air bagi tanaman yaitu pemberian air irigasi. Kebutuhan air untuk tanaman pada suatu jaringan irigasi merupakan air yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan yang optimal tanpa kekurangan air yang dinyatakan dalam Netto Kebutuhan Air Lapangan (*Net Field Requirement, NFR*).

Kebutuhan air untuk tanaman di sawah dihitung dengan mempertimbangkan neraca air tanaman dari unsur klimatologi, pengolahan tanah, kebutuhan air konsumtif, perkolasi dan curah hujan efektif serta koefisien tanaman. Efisiensi irigasi perlu

diperhatikan karena akan mengurangi tingkat penyaluran air dari pengambilan sampai ke pintu-pintu tersier terakhir. Dalam hal ini kehilangan air di saluran tersier tidak boleh dari 20% (Irigasi Andalan Jawa Timur, 2003).

Kebutuhan air untuk padi di sawah ditentukan oleh faktor-faktor berikut (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986):

2.2.1 Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan ialah:

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968). Metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama penyiapan lahan dan menghasilkan rumus berikut:

$$LP = M \cdot \frac{e^k}{(e^k - 1)}$$

Dimana:

LP = Kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan
= $E_o + P$

E_o = Evaporasi air terbuka (mm/hari)
= $ET_o \times 1,10$

P = Perkolasi (mm/hari) = Tergantung tekstur tanah

T = Jangka waktu penyiapan tanah (hari)

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm, yakni $250 + 50 = 300$ mm

$$k = \frac{MT}{S}$$

Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan ialah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu 1 bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm, ini meliputi penjenuhan dan penggenangan sawah. Pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Angka 200 mm tersebut mengumpamakan bahwa tanah itu bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bero selama lebih 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bero lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian.

2.2.2 Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif air oleh tanaman diperkirakan berdasarkan pendekatan empiris, dengan menggunakan data iklim, koefisien tanaman tahap pertumbuhan sebagai berikut (Pruitt dan Doorenbos, 1977):

$$Etc = Kc \times ETo$$

Dimana:

Kc = Koefisien tanaman

Eto = Evapotranspirasi potensi (mm/hari)
(Penmann Modifikasi)

Etc = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

2.2.3 Perkolasi dan Rembesan

Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat-sifat tanah. Dari hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat diterapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Untuk menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus

diperhitungkan. Rembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan genangan bekisar antara 1 sampai 3 mm/hari. Di daerah dengan kemiringan di atas 5% paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan.

2.2.4 Pergantian Lapisan Air (*Water Layer Requirement*)

- Setelah pemupukan, dilakukan penjadwalan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan.
- Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, dilakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

2.2.5 Curah Hujan Efektif

Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum dengan periode ulang rencana tertentu dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan R_{80}). Apabila data hujan yang digunakan 10 harian maka persamaanya menjadi:

$$Re_{padi} = (R_{80} \times 70\%) / 10 \text{ mm/hari}$$

$$Re_{tebu} = (R_{80} \times 60\%) / 10 \text{ mm/hari}$$

$$Re_{palawija} = (R_{80} \times 50\%) / 10 \text{ mm/hari}$$

Dari kelima faktor tersebut maka perkiraan kebutuhan air irigasi sebagai berikut (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986):

- Kebutuhan air bersih di sawah (NFR)

$$NFR_{padi} = Etc + P - Re + WLR$$

$$NFR_{pol} = Etc - Re_{pol}$$

$$NFR_{tebu} = Etc - Re_{tebu}$$

- Kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan (WRD)

$$DR = \frac{NFR}{8,64 \times EI}$$

Dimana:

- DR = *Deversion Requirement* (Besarnya kebutuhan penyadapan dari sumber) (lt/det/ha)
- NFR = *Net Field Requirement* (Kebutuhan air bersih di sawah) (mm/hari)
- Etc = Evaporasi konsumtif (Evaporasi tanaman) (mm/hari)
- El = Efisiensi di saluran secara total (%)
- P = Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)
- Re = Curah hujan efektif (mm/hari)
- WLR = Pergantian lapisan air di sawah (mm/hari)
- 1/8,64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/det/ha

Dalam analisa kebutuhan air irigasi, dibahas mengenai tinjauan umum yang ikut mempengaruhi besarnya kebutuhan air meliputi koefisien tanaman, efisiensi irigasi, pola tanam, dan juga perencanaan golongan tanaman.

2.2.6 Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan evapotranspirasi (Eto) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (Etc) dan dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus dipakai dalam proyek irigasi di daerah studi. Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman ini merupakan faktor yang dapat dipakai untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya. Adapun koefisien tanaman periode 10 harian yang akan digunakan di lokasi studi untuk padi dan palawija mengacu pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Koefisien Evaporasi Tanaman Palawija FAO

Jenis tanaman	Jangka tumbuh (hari)	1/2 Bulanan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0.5	0.75	1	1	0.82	0.45							
Jagung	80	0.5	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95							
Kacang Tanah	130	0.5	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55				
Bawang	70	0.5	0.51	0.69	0.9	0.95								
Buncis	75	0.5	0.64	0.89	0.95	0.88								
Kapas	195	0.5	0.5	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Sumber: Direktorat Jendral Pengairan, 1986

Tabel 2.2 Koefisien Evaporasi Tanaman Padi

Bulan	NEDECO / PROSIDA		FAO	
	Varietas	Varietas	Varietas	Varietas
	Biasa	Unggul	Biasa	Unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1	1.2	1.27	1.1	1.1
1.5	1.32	1.33	1.1	1.05
2	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.35	1.3	1.1	0.95
3	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4	0		0	

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.2.7 Efisiensi Irigasi

Efisiensi merupakan presentase perbandingan antara jumlah air yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Air yang diambil dari sumber air yang dialirkan ke lahan irigasi tidak semuanya dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam praktik irigasi terjadi kehilangan air.

Agar air yang sampai pada tanaman tepat jumlahnya seperti yang direncanakan, maka air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan harus lebih besar dari kebutuhan. Biasanya efisiensi

irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalanannya dari saluran primer, sekunder hingga tersier.

Efisiensi irigasi diasumsikan bahwa jumlah air yang diberikan akan hilang pada saluran primer, saluran sekunder, dan saluran tersier yang disebabkan oleh kesalahan operasi, evaporasi, dan rembesan. Adapun acuan besaran nilai tiap jenis efisiensi pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Besaran Efisiensi

Efisiensi Irigasi	
Jaringan Primer	80%
Jaringan Sekunder	90%
Jaringan Tersier	90%
Total El	65%

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.2.8 Rencana dan Pola Tanam

Perencanaan pola tanam bagi daerah irigasi sangat bermanfaat untuk menyusun suatu pola pemanfaatan air irigasi yang tersedia untuk memperoleh keuntungan produksi semaksimal mungkin. Pola tanam adalah susunan rencana penanaman berbagai jenis tanaman dalam jangka waktu satu tahun. Umumnya pola tanam mengikuti debit andalan yang tersedia untuk mendapatkan luas lahan yang optimum. Dengan keterbatasan air, maka perlu dilakukan pengaturan pola tanam dan jadwal tanam agar semua daerah pelayanan dapat tercukupi kebutuhan airnya.

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tabel di bawah ini merupakan contoh pola tanam yang dapat dipakai.

Tabel 2.4 Tabel Pola Tanam

Ketersediaan air	Pola tanam dalam setahun
Cukup banyak air	Padi - Padi - Palawija
Cukup air	Padi - Padi - Bero Padi - Palawija - Palawija
Kekurangan air	Padi - Palawija - Bero Palawija - Padi - Bero

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

2.2.9 Perencanaan Penggolongan

Meskipun debit cukup, untuk mendapatkan suatu areal tanam seluas-luasnya dari debit yang tersedia dapat diatasi dengan cara perencanaan golongan, yaitu pembagian luas areal tanam pada suatu daerah irigasi dengan mulai awal tanam yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk menghemat ketersediaan air karena diperhitungkan tidak terjadi hujan, beberapa hari pada waktu pelaksanaan serta diperkirakan tidak cukupnya dilakukan penanaman serentak. Termasuk juga dikarenakan keterbatasan dari sumber daya manusia, petani maupun bangunan yang ada. Jika awal pengolahan tanah dari seluruh areal jaringan irigasi dilakukan pada waktu yang sama, maka kebutuhan air untuk irigasi akan meningkat. Dalam menentukan penggolongan hendaknya memperhatikan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- Pembagian golongan dibagi menjadi dua golongan secara menyebar, untuk pemerataan atau menghindari pencurian pada petak sub tersier atau bagian dari satu golongan dan untuk mempermudah pembagian air.
- Pelaksanaan tiap golongan selang waktu 10 hari.
- Penyiapan lahan untuk pagi dilakukan selama satu bulan.

2.3 Optimasi dengan Program Linier

Program linier merupakan model matematis perumusan masalah umum dalam pengalokasian sumber daya untuk berbagai kegiatan. Dalam program linier dikenal dua macam fungsi, yaitu fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi batasan (*constraint function*). Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran di dalam permasalahan secara optimal dari sumber daya yang ada, untuk memperoleh keuntungan yang maksimal atau biaya yang optimal. Pada umumnya nilai yang akan dipotimalkan dinyatakan sebagai Z, sedang fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan (Subagyo, 1992).

Untuk menyelesaikan persoalan program linier, dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan metode grafik dan metode simpleks. Apabila suatu program linier hanya mempunyai 2 peubah saja, maka akan dapat diselesaikan dengan metode grafik. Tetapi bila melibatkan lebih dari 2 peubah, maka digunakan metode simpleks. Metode simpleks merupakan prosedur perhitungan yang bersifat iterative, yang merupakan gerakan selangkah demi selangkah dimulai dari suatu titik ekstrim pada daerah layak (*feasible region*) menuju ke titik ekstrim yang optimum.

Dalam hal ini solusi optimum umumnya didapat pada titik ekstrim. Metode simpleks mengintegrasikan sejumlah persamaan yang mewakili fungsi tujuan dan fungsi-fungsi batasan pada program linier yang telah disesuaikan menjadi bentuk standar. Berikut ini disajikan bentuk standar persamaan simpleks: (Anwar, 2001)

$$\text{Maks/Min} \quad Z = A_1.X_1 + A_2.X_2 + \dots + A_n.X_n$$

$$\text{Pembatas :} \quad B_{11}.X_1 + B_{12}.X_2 + \dots + B_{1n}.X_n = C_1$$

$$B_{21}.X_1 + B_{22}.X_2 + \dots + B_{2n}.X_n = C_2$$

$$B_{m1}.X_1 + B_{m2}.X_2 + \dots + B_{mn}.X_n = Cb_n$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots \geq 0$$

Bandingkan bentuk standar metode simpleks ini dengan rumusan standar program linier dimana fungsi-fungsi pembatas dapat bertanda \geq , $=$, atau \leq . Dalam penyelesaiannya, rumusan linier harus diubah / disesuaikan terlebih dahulu ke dalam bentuk rumusan standar metode simpleks dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Fungsi tujuan merupakan persoalan maksimasi atau minimasi. Bila semua suku pada persoalan maksimasi dikalikan dengan angka -1 (minus 1) maka akan menjadi persoalan minimasi. Misalnya:
 $\text{Min } Z = 2X_1 + 4X_2$, sama dengan maks $(-Z) = -2X_1 - 4X_2$
- b. Semua fungsi pembatas dirubah menjadi bentuk persamaan dengan cara menambah atau mengurangi dengan bilangan-bilangan *slack*, *surplus* atau *artifisial*. Misalnya:
 1. $7X_1 - 4X_2 \leq 6$, menjadi $7X_1 - 4X_2 + S_1 = 6$
 $S_1 = \text{bil. Slack}$
 2. $7X_1 - 4X_2 \geq 6$, menjadi $7X_1 - 4X_2 - S_2 + R = 6$
 $S_2 = \text{bil. Slack}; R = \text{artifisial}$
 3. $7X_1 - 4X_2 = 6$, menjadi $7X_1 - 4X_2 + R = 6$
 $R = \text{artifisial}$
- c. Semua ruas kanan fungsi kendala bertanda positif. Misalnya :
 $-2X_1 + 4X_2 \leq -6$, menjadi $2X_1 - 4X_2 \geq 6$, Kemudian $2X_1 - 4X_2 + S_2 + R = 6$
- d. Semua peubah tidak negatif. Misalnya $X_1 \geq 0$.

Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Tabel Simpleks

Basis	z	Peubah Non Basis				Peubah Basis				Kuantitas	PK
		X_1	X_2	...	X_n	S_1	S_2	...	S_m	1	b_1 / a_{11}
cj	cj	1	c_1	c_2	...	c_m	0	0	...	0	
0	S_1	0	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	1	0	...	0	b_1
0	S_2	0	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	0	1	...	0	b_2
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
0	S_m	0	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	0	0	...	1	b_m
	zj		0	0	0	0	0	0	0		b_m / a_{m1}
	cj - zj		c_1	c_2	0	c_m	-	-	-	-	

PK terkecil

C paling +

Metode perhitungan iterasinya ialah sebagai berikut:

Basis	z	Peubah Non Basis				Peubah Basis				Konstanta
		X_1	X_2	...	X_n	S_1	S_2	...	S_m	
cj	cj	1	c_1	c_2	...	c_m	0	0	...	0
0	S_1	0	0	$a_{12} - a_{22} (a_{11} / a_{21})$	...	$a_{1n} - a_{2n} (a_{11} / a_{21})$	1	$-(a_{m1} / a_{21})$	...	0
c_1	S_2	0	1	(a_{22} / a_{21})	...	(a_{2n} / a_{21})	0	$(1 / a_{21})$	...	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
0	S_m	0	0	$a_{m2} / a_{22} (a_{m1} / a_{21})$	...	$a_{mn} - a_{2n} (a_{m1} / a_{21})$	0	$-(a_{m1} / a_{21})$	...	1
	zj		c_1	0	0	0	0	0	0	
	cj - zj		-	Δc_2	0	c_m	-	-	-	Δc_j

Sumber: Hall and Dracup, 1975

Untuk penyelesaian selanjutnya dilakukan dengan cara iterasi. Langkah-langkah untuk satu kali iterasi pada persoalan maksimasi dapat dilakukan dari tabel simpleks sebagai berikut:

- Langkah I. Cari diantara nilai c_1 pada baris fungsi tujuan (baris ke-0) yang paling bernilai positif. Angka tetapan ini ialah faktor pengali pada peubah nonbasis (PNB), maka peubah dengan nilai c_1 paling positif akan masuk menjadi peubah basis pada tabel simpleks berikutnya sebagai peubah masuk (PM).
- Langkah II. Langkah ini bertujuan mencari peubah keluar (PK) atau diantara sejumlah peubah basis solusi (b_1) dibagi dengan angka matriks pada baris yang sama dengan b_1 dan merupakan faktor pengali dari PM

di baris tersebut. Angka perbandingan positif yang terkecil menentukan pada baris tersebut ialah PBS yang akan keluar menjadi PK.

Langkah III. Melakukan perhitungan operasi baris elementer (OBE) pada setiap baris termasuk baris fungsi tujuan sehingga didapat bahwa POM sudah menjadi PBS, dan PJ menjadi PNB.

Langkah IV. Bila masih terdapat nilai c_1 pada baris fungsi tujuan, lanjutkan dengan memulai langkah 1 dan seterusnya hingga seluruh nilai c_1 ialah nol atau positif bila keadaan terakhir terpenuhi maka PBS ialah jawaban dari permasalahan ini dan ruas kanan pada baris fungsi tujuan ialah nilai optimum dari fungsi tujuan.

Contoh soal perhitungan metode simpleks sederhana:

Fungsi tujuan : $\text{Max } Z = 12X_1 + 16X_2$

Fungsi kendala : $3X_1 + 2X_2 \leq 500$

$4X_1 + 5X_2 \leq 800$

$X_1, X_2 \geq 0$

Dengan metode simpleks:

Iterasi I

C _j		12	16	0	0	
		X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	Q
0	S ₁	3	2	1	0	500
0	S ₂	4	5	0	1	800
	Z _j	0	0	0	0	0
	C _j - Z _j	12	16	0	0	

C _j		12	16	0	0		
		X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	Q	
0	S ₁	3	2	1	0	500	500/2 = 250
0	S ₂	4	5	0	1	800	800/5 = 160 ← terkecil
	Z _j	0	0	0	0	0	
	C _j - Z _j	12	16	0	0		

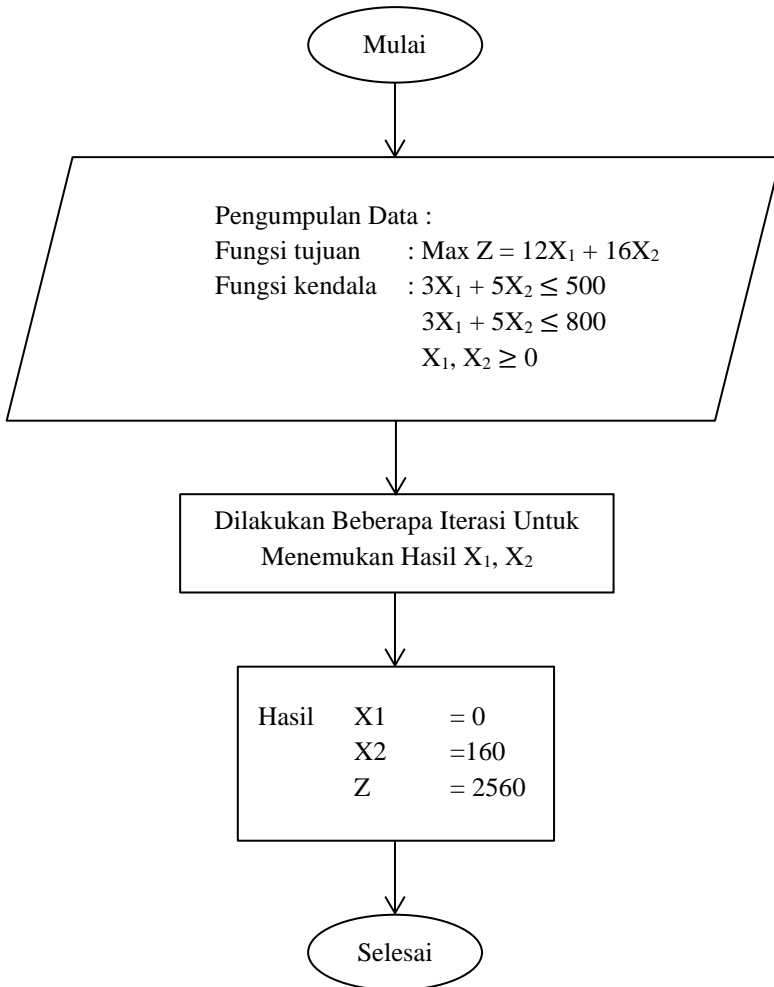
↑
terbesar _____

Iterasi II

C _j		12	16	0	0		
		X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	Q	
0	S ₁	1 2/5	0	1	0	180	
0	S ₂	4/5	1	0	1/5	160	
	Z _j	12 4/5	16	0	3 1/5	0	
	C _j - Z _j	- 4/5	0	0	-3 1/5		

Karena $C_j - Z_j \leq 0$ maka dihentikan perhitungan dan ditemukan hasil perhitungan tersebut.

Berikut *flowchart* pengerjaan contoh soal dari metode simpleks sederhana dengan 2 variabel.



Gambar 2.1 *Flowchart* Pengerjaan Metode Simpleks

BAB III

METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam studi kali ini ialah dengan mengacu pada beberapa pokok pikiran, teori, dan rumus-rumus empiris yang ada pada beberapa literatur, yang diharapkan dapat memperoleh cara untuk mengoptimalkan penggunaan air irigasi dari Sungai Keser, Trenggalek, Jawa Timur.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Yaitu mempelajari dan memahami teori-teori dasar dari hidrologi dan irigasi yang akan digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

3.2 Survey Pendahuluan

Dilakukan untuk mengenal dan mengidentifikasi seluruh permasalahan yang ada di lapangan sehingga dapat mengambil langkah-langkah selanjutnya yang akan diambil guna mencari solusi akan permasalahan yang terjadi.

3.3 Pengumpulan Data

Setelah mengidentifikasi dari permasalahan yang ada di lapangan maka langkah selanjutnya adalah mencari data pendukung untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Data yang digunakan dalam penulisan ialah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung berupa catatan maupun hasil penelitian dari pihak lain. Pada tahap ini, gambar-gambar dan data-data yang harus didapat dari instansi-instansi terkait antara lain:

- Data curah hujan, untuk mengetahui besarnya curah hujan efektif.

- Data debit sungai, untuk menghitung debit andalan.
- Data klimatologi, untuk mengetahui besarnya intensitas lamanya penyinaran matahari, suhu kelembaban relatif, serta kecepatan angin yang diperlukan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang terjadi sehingga bisa menentukan nilai *consumptive use*-nya.
- Data pola tanam, digunakan sebagai acuan dalam merencanakan pola tanam yang baik.
- Data Daerah Irigasi Eksisting, untuk mengetahui kondisi eksisting di lapangan.

3.4 Analisa Data

Langkah berikutnya setelah data sudah terkumpul adalah tahap analisa dan perhitungan antara lain:

- Analisa Hidrologi
Dalam analisa hidrologi akan dibahas mengenai perhitungan volume andalan, curah hujan efektif hingga perhitungan evapotranspirasi yang terjadi berdasarkan keadaan klimatologi di lokasi studi.
- Analisa Kebutuhan Air Irigasi
Dalam analisa kebutuhan air irigasi dibahas mengenai tinjauan umum tentang kebutuhan air irigasi. Faktor-faktornya meliputi:
 - Jenis tanaman, kondisi terakhir di lapangan terdiri dari padi dan palawija (jagung).
 - Perkolasi, besarnya perkolasi yang terjadi di lapangan.
 - Koefisien tanaman (padi dan palawija), mengacu pada koefisien tanaman berdasarkan petunjuk kriteria standar perencanaan irigasi di Indonesia.

- Efisiensi irigasi, dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalannya dari saluran primer, sekunder hingga tersier.
- Kebutuhan air, dipengaruhi dari jenis tanaman, perkolasi, evapotranspirasi serta efisiensi yang terjadi.
- Pola tanam dan awal tanam yang diatur dengan membagi areal irigasi, dalam hal ini direncanakan dengan 2 macam alternatif pola tanam yang berbeda-beda dan 3 macam alternatif awal tanam yang berbeda-beda.
- Menentukan luas areal irigasi maksimum berdasarkan debit andalan yang tersedia. Pada tahap ini, ditentukan 2 macam alternatif pola tanam dan 3 alternatif awal tanam, lalu berdasarkan kebutuhan air irigasi dari masing-masing alternatif tersebut didapatkan intensitas tanam dan hasil produksi optimum, dengan menggunakan *Linear Programming*.
- Perhitungan optimasi pola tanam
Perhitungan optimasi dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain:
 - Menentukan model optimasi.
 - Menentukan peubah-peubah yang akan didapat.
 - Menghitung batasan-batasan dalam persamaan model optimasi.
 - Mengoperasikan model optimasi sungai untuk memperoleh hasil produksi tertentu maksimal dan intensitas tanam.

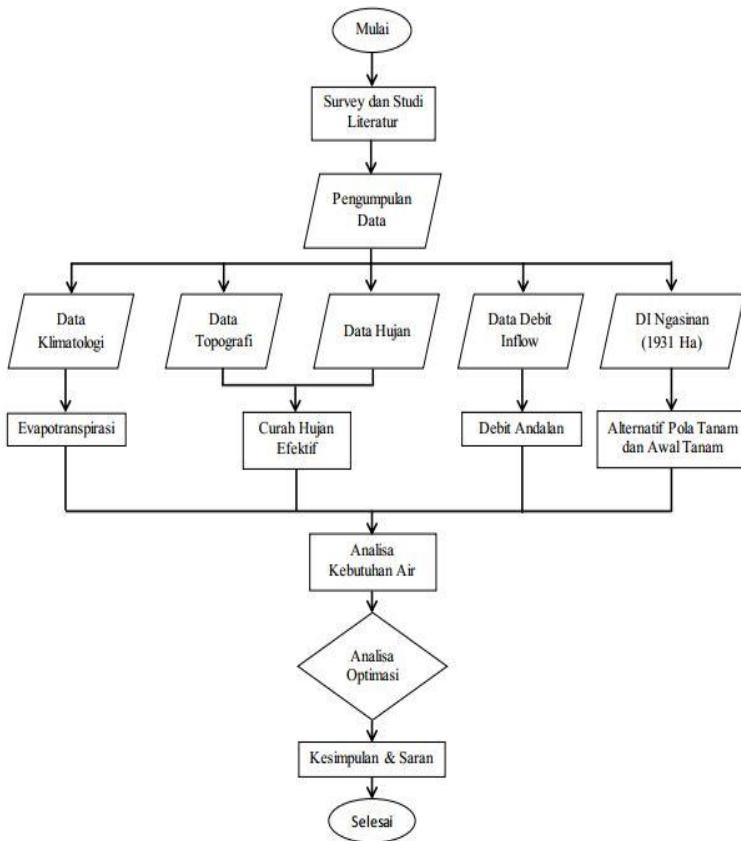
3.5 Analisa Optimasi Program Linear

Tahapan ini diambil untuk mendapatkan hasil yang paling optimum dan dapat diketahui besarnya produksi hasil tani yang didapat berdasarkan pada analisa pola tanam yang paling maksimal.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada.

Adapun alir pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Langkah-langkah optimasi

- Tentukan model optimasi
- Tentukan peubah yang akan dioptimasi
- Menghitung harga batasan / kendala
- Menentukan model matematika

Model matematika

- Fungsi tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai ialah memaksimalkan keuntungan produksi

$$Z = A. X_1 + B. X_2 + C. X_3 \dots dst$$

- Fungsi kendala

Adapun yang menjadi batasan / kendala antara lain debit air, luas areal tanam

$$\sum V_i. X_i = V_1.X_1 + V_2.X_2 + V_3.X_3 + \dots \leq V_w$$

$$X_1, X_2, X_3 \dots \leq \text{batas maksimal luas areal yang dioptimasi}$$

$$X_1, X_2, X_3 \dots \geq 0$$

dimana:

Z = Keuntungan maksimal (Rp)

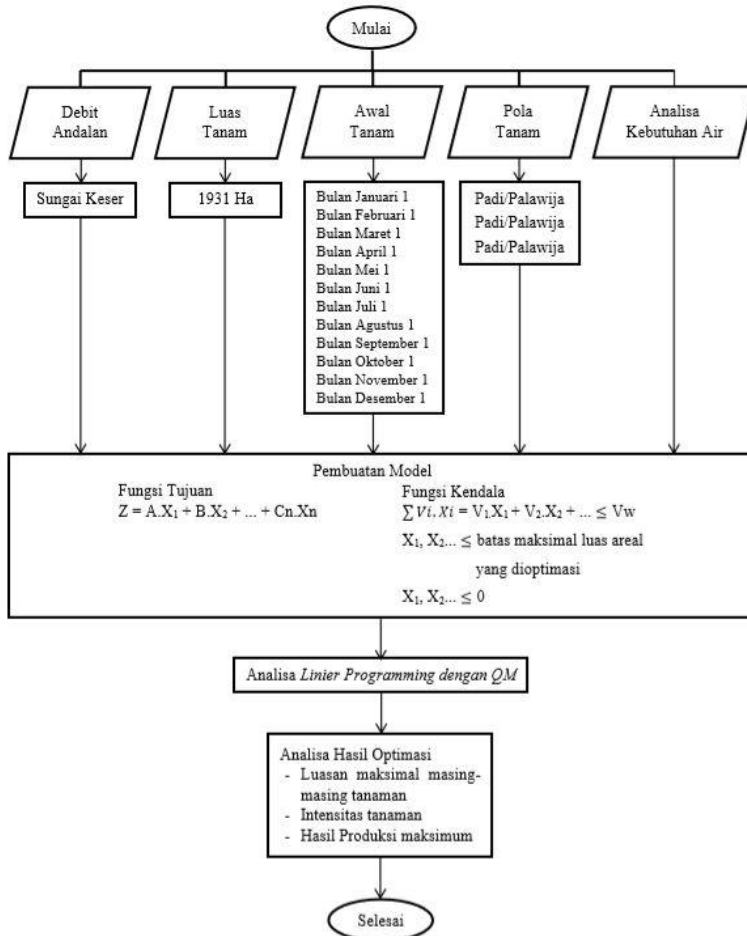
V_i = Kebutuhan air masing-masing tanaman

V_w = Debit andalan yang tersedia (lt/dt)

X_i = Luas lahan untuk masing-masing jenis tanaman (Ha)

A,B,C = Pendapatan hasil produksi untuk masing-masing jenis tanaman (Rp)

Tahapan-tahapan optimasi pada studi ini dapat dilihat pada *flowchart* berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Optimasi Program Linier

3.7 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun jadwal pengerjaan tugas akhir dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

No	Kegiatan	OKT		NOV		DES		JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL	
		2016		2016		2016		2017		2017		2017		2017		2017		2017		2017	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penentuan Judul																				
2	Pembuatan Proposal																				
3	Sidang Proposal																				
4	Pengumpulan Data																				
5	Analisis Data																				
6	Pembimbingan																				
7	Penyusunan Tugas Akhir																				
8	Evaluasi dan Revisi																				
9	Persiapan Sidang																				
10	Sidang Tugas Akhir																				

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA HIDROLOGI

4.1 Analisa Klimatologi dan Evapotranspirasi

Data klimatologi diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS) yang tercatat di stasiun klimatologi Durenan tahun 2014. Perhitungan klimatologi ini meliputi kelembaban relatif, temperatur udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari yang berguna untuk menghitung evapotranspirasi. Karakteristik data klimatologi sebagai berikut:

- a) Temperatur udara terendah terjadi pada bulan September 24,21 °C dan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 28,55 °C.
- b) Kelembaban udara relatif terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 96,31 % dan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 99,23 %.
- c) Lama penyinaran matahari terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 63,8 % dan tertinggi pada bulan Mei sebesar 91,8 %.
- d) Kecepatan angin terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 57,83 km/hari dan tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 122,13 km/hari.

Dalam analisa evapotranspirasi menggunakan metode Penman modifikasi. Hasil perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat pada tabel 4.3.

Berikut ini contoh perhitungan evapotranspirasi pada bulan Januari:

1. Data klimatologi pada bulan Januari
 - a. Suhu (T) : 28,45 °C
 - b. Kelembaban relatif (RH) : 98,6 %
 - c. Lama penyinaran matahari (n/N) : 67,20 %
 - d. Kecepatan angin (U) : 71,06 km/hari

2. Perhitungan

- a. Mencari harga tekanan uap jenuh, e_a (mbar)
Diketahui $T = 28,45\text{ }^{\circ}\text{C}$
Maka $e_a = 38,84\text{ mbar}$ (lampiran A tabel A.1)
- b. Mencari harga tekanan uap nyata, e_d (mbar)
 $e_d = e_a \times RH = 38,84 \times 98,6\% = 38,29\text{ mbar}$
- c. Mencari harga perbedaan tekanan uap air, $e_a - e_d$ (mbar)
 $e_a - e_d = 38,84 - 38,29 = 0,54\text{ mbar}$
- d. Mencari harga fungsi angin, $f(U)$ (km/hari)
Diketahui $U = 71,06\text{ km/hari}$
Dengan rumus $f(U) = 0,27 \times (1 + U/100) = 0,46\text{ km/hari}$
- e. Mencari harga faktor pembobot, W
Diketahui $T = 28,45\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan ketinggian rata-rata air laut = 0 m
Maka $W = 0,77$ (lampiran A tabel A.2)
- f. Mencari $(1 - W)$
 $(1 - W) = (1 - 0,77) = 0,23$
- g. Mencari harga radiasi extra terrestrial, R_a (mm/hari)
Lokasi Sungai Keser berada di $08^{\circ} 07' 01''\text{LS}$
Maka $R_a = 16,12\text{ mm/hari}$ (lampiran A tabel A.3)
- h. Mencari harga radiasi gelombang pendek, R_n (mm/hari)
 $R_n = (0,25 + 0,5(n/N)) \times R_a$
 $R_n = (0,25 + 0,5(0,672)) \times 16,12 = 5,67\text{ mm/hari}$
- i. Mencari harga radiasi netto gelombang pendek, R_{ns} (mm/hari)
 $R_{ns} = R_n (1 - \alpha)$; $\alpha = 0,25$ (koefisien pamantulan)
 $R_{ns} = 5,67 (1 - 0,25) = 4,25\text{ mm/hari}$
- j. Mencari harga koreksi akibat suhu, $f(T)$
Diketahui $T = 28,45\text{ }^{\circ}\text{C}$
Maka $f(T) = 16,39$ (lampiran A tabel A.4)
- k. Mencari harga koreksi akibat tekanan uap nyata, $f(e_d)$
Diketahui $e_d = 38,29\text{ mbar}$

Dengan rumus $f(ed) = 0,34 - 0,044\sqrt{ed} = 0,07$ (lampiran A tabel A.5)

- l. Mencari harga fungsi penyinaran, $f(n/N)$

Diketahui $n/N = 67,20\%$

Dengan rumus $f(n/N) = (0,1 + 0,9 \times (n/N)) = 0,70$ (lampiran A tabel A.6)

- m. Mencari harga radiasi netto gelombang panjang, $Rn1$ (mm/hari)

$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$

$Rn1 = 16,39 \times 0,07 \times 0,70 = 0,78$

- n. Mencari harga faktor koreksi, c

$c = 1,10$ (Tabel 4.1)

- o. Evapotranspirasi potensial, ET_o (mm/hari)

$ET_o = c \{W \times Rn + (1-W) \times f(U) \times (ea-ed)\}$

$ET_o = 1,10 \{0,77 \times 5,67 + (0,23) \times 0,46 \times 0,54\}$

$ET_o = 4,88$ mm/hari

Tabel 4.1 Nilai Koreksi Bulanan (c) untuk rumus Penmann
Modifikasi

Bulan	c	Bulan	c
Januari	1,1	Juli	0,9
Februari	1,1	Agustus	1
Maret	1	September	1,1
April	0,9	Oktober	1,1
Mei	0,9	Nopember	1,1
Juni	0,9	Desember	1,1

Sumber: Irigasi Andalan Jawa Timur 2003

Tabel 4.2 Data Klimatologi Trenggalek Tahun 2014

No	Data Bulanan	Bulan											
		Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Des
1	Temperatur : T	°C	28.45	28.55	27.82	28.33	27.78	27.08	27.10	25.30	24.21	27.18	27.60
2	Kelambahan udara relatif : RH	%	98.60	98.89	98.92	98.64	98.85	99.21	96.31	99.23	99.09	96.45	98.31
3	Lama jam penyinaran : n/N	%	67.20	63.80	73.60	86.00	91.80	88.00	91.20	91.00	83.60	70.60	67.20
4	Keccepatan angin : U	km/hari	71.06	62.75	68.71	64.93	72.87	57.83	72.84	112.90	115.77	122.13	78.50
5	Tinggi pengukuran : NH	m	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Tabel 4.3 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

No	Perhitungan	Bulan											
		Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Des
1	Tekanan uap jenuh : ea	mbar	38.84	39.07	37.42	38.56	37.34	37.13	35.91	32.27	30.20	36.08	36.96
2	Tekanan uap nyata : ed	mbar	38.29	38.63	37.02	38.03	36.91	36.83	34.58	32.02	29.92	34.80	36.34
3	Perbedaan tekanan uap : ea - ed	mbar	0.54	0.43	0.40	0.52	0.43	0.29	1.33	0.25	0.27	1.28	0.62
4	Fungsi angin : f(U) = 0.27 x (1+U/100)	km/hari	0.46	0.44	0.46	0.45	0.47	0.43	0.47	0.57	0.58	0.60	0.48
5	Faktor pembobot U & RH ; W (1-W)		0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.74	0.73	0.76	0.77
6	Radiasi sinar matahari : Ra	mm/hari	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.27	0.24	0.23
7	Radiasi gelombang pendek : Rn	mm/hari	16.12	16.11	15.50	14.39	13.08	12.37	12.68	13.69	14.89	15.81	16.01
8	Radiasi netto gelombang pendek : Rns	mm/hari	5.67	5.39	5.95	6.44	6.25	5.69	6.03	6.48	6.48	5.83	5.63
9	Efek radiasi gelombang panjang : a. f(T) = T ⁴ b. f(ed) = 0.34 - 0.044 x ed ^{0.5} c. f(n/N) = 0.1 + 0.9 X (n/N)	mm/hari	4.25	4.04	4.47	4.83	4.69	4.27	4.52	4.86	4.86	4.37	4.22
10	Radiasi netto gelombang panjang : Rnl f(T) x f(ed) x f(n/N)	mm/hari	16.39	16.41	16.26	16.37	16.26	16.24	16.12	15.76	15.54	16.14	16.22
11	Faktor koreksi Potensial evapotranspirasi : ET ₀ a. Radiasi term ; W x Rn b. Aerodynamic term ; (1-W) x f(U) x (ea-ed)	mm/hari	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08
12	ET ₀ = C (W x Rn + (1-W) x f(U) x (ea-ed))	mm/hari	0.70	0.67	0.76	0.87	0.93	0.89	0.92	0.92	0.85	0.74	0.70
		mm/hari	0.78	0.74	0.90	0.98	1.09	1.06	1.21	1.32	1.32	0.95	0.85
		mm/hari	1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	1.10	1.10	1.10
		mm/hari	4.38	4.17	4.57	4.97	4.80	4.37	4.59	4.81	4.74	4.44	4.31
		mm/hari	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.15	0.04	0.04	0.18	0.07
		mm/hari	4.88	4.63	4.62	4.52	4.36	3.96	4.26	4.85	5.26	5.09	4.82

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Curah Hujan Rata-Rata

Berdasarkan hasil studi sebelumnya, ada dua stasiun hujan yang berada dekat dengan lokasi Sungai Keser, yaitu stasiun Tugu dan stasiun Pule. Letak stasiun Tugu dan stasiun Pule dapat dilihat pada gambar 1.2. Data curah hujan yang digunakan berdasar pengamatan selama 15 tahun dari tahun 2000 sampai dengan 2014.

Perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan metode Aljabar. Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.4.

Berikut contoh perhitungan curah hujan rata-rata 10 harian:

1. Dalam data ini kami mendapatkan data sekunder berupa data curah hujan 10 harian stasiun Tugu dan stasiun Pule dari mulai tahun 2000 s/d 2014. (Disajikan dalam lampiran A tabel A.7 & tabel A.8)
2. Menghitung curah hujan rata-rata dengan metode aljabar.

Berikut contoh perhitungan curah hujan rata-rata pada bulan Januari periode I:

$$R = \frac{76 \text{ mm} + 94 \text{ mm}}{2} = 85 \text{ mm}$$

Untuk lebih jelasnya hasil perhitungan akan disajikan berdasarkan tabel 4.4.

Tabel 4.4 Curah Hujan Rata-Rata 10 Harian

Bulan	Periode	Tahun														
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
JAN	I	85	112	46	213	68	56	170	8	106	106	68	306	202	302	203
	II	23	54	124	15	130	88	76	46	45	45	97	70	179	222	134
	III	104	121	177	214	109	143	167	131	42	42	238	114	138	87	220
FEB	I	133	174	184	120	103	31	37	200	125	145	158	279	81	164	42
	II	106	162	161	130	107	71	62	89	175	175	71	62	155	140	12
	III	118	21	49	103	151	74	130	120	110	110	65	113	139	64	183
MAR	I	164	14	42	229	103	58	47	28	104	104	123	149	227	158	20
	II	69	47	48	77	63	113	62	71	154	154	202	145	110	51	92
	III	123	152	61	23	39	112	32	209	199	199	132	136	67	87	87
APR	I	63	175	79	64	24	221	88	75	100	100	93	63	98	103	11
	II	135	133	111	24	26	99	306	96	45	45	128	49	82	122	46
	III	22	15	72	0	79	0	53	43	8	8	122	59	60	30	86
MEI	I	160	65	27	101	0	0	79	64	52	52	136	163	116	60	74
	II	136	0	3	3	48	0	16	109	96	96	176	207	43	23	77
	III	16	38	6	77	164	2	115	47	25	25	174	54	0	96	18
JUN	I	37	129	4	8	20	4	0	84	0	0	126	32	0	43	0
	II	27	171	0	20	9	57	8	10	11	11	50	2	0	90	10
	III	0	0	2	0	3	98	37	10	0	0	41	5	5	30	86
JUL	I	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	19	0	0	32	132
	II	0	4	1	6	12	58	8	12	0	0	13	0	19	37	121
	III	20	0	5	15	0	2	0	0	0	0	44	5	2	48	19
AUG	I	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
	II	0	3	5	0	0	0	0	8	12	12	32	0	0	5	0
	III	0	0	0	0	1	1	0	2	5	5	37	0	0	0	0
SEP	I	0	4	0	0	0	5	0	0	2	2	78	2	0	0	0
	II	0	0	0	17	14	30	0	0	0	0	234	0	7	3	0
	III	0	0	0	9	0	30	0	0	0	0	70	0	2	0	2
OKT	I	0	64	0	13	0	0	6	0	41	41	43	0	15	0	0
	II	174	34	0	0	0	31	0	0	19	19	80	0	39	0	0
	III	108	33	0	41	0	44	0	135	61	61	198	6	28	8	3
NOV	I	63	105	4	103	26	0	0	301	199	199	257	62	7	18	4
	II	98	136	7	70	0	16	0	2	153	153	31	82	25	148	60
	III	75	86	0	131	190	25	5	8	114	114	103	77	123	65	50
DES	I	8	5	51	170	107	249	14	163	40	40	244	36	115	18	150
	II	124	2	35	96	14	204	77	148	55	55	79	140	131	148	206
	III	0	29	29	45	215	120	206	309	21	21	163	97	93	65	239

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman bergantung pada jenis tanaman.

Berikut contoh perhitungan curah hujan efektif:

1. Setelah didapatkan hasil perhitungan curah hujan rata-rata yang dapat dilihat pada tabel 4.4, kemudian mengurutkan hasil hujan rata-rata tiap tahunnya dari urutan yang terbesar sampai yang terkecil.
2. Menghitung $R_{80} = (n/5) + 1$, dimana n = jumlah data = 15, maka $R_{80} = (15/5) + 1 = 4$.
3. Dari 15 data hujan rata-rata yang telah diurutkan tersebut diambil urutan ke-4 dari urutan terkecil sebagai curah hujan R_{80} nya.

4. Menghitung Re masing-masing tanaman dengan rumus:

$$Re_{\text{padi}} = (Re_{80} \times 70\%) / 10 \text{ mm/hari}$$

$$Re_{\text{tebu}} = (Re_{80} \times 60\%) / 10 \text{ mm/hari}$$

$$Re_{\text{palawija}} = (Re_{80} \times 50\%) / 10 \text{ mm/hari dikaitkan dengan tabel 4.6}$$

Untuk lebih jelasnya perhitungannya akan disajikan berdasarkan tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan Re 80%

Bulan	Periode	Curah hujan (mm) peringkat ke														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
JAN	I	306	302	213	203	202	170	112	106	106	85	68	68	56	46	8
	II	222	179	134	130	124	97	88	76	70	54	46	45	45	23	15
	III	238	220	214	177	167	143	138	131	121	114	109	104	87	42	42
FEB	I	279	200	184	174	164	158	145	133	125	120	103	81	42	37	31
	II	175	175	162	161	155	140	130	107	106	89	71	71	62	62	12
	III	183	151	139	130	120	118	113	110	110	103	74	65	64	49	21
MAR	I	229	227	164	158	149	123	104	104	103	58	47	42	28	20	14
	II	202	154	154	145	113	110	92	77	71	69	63	62	51	48	47
	III	209	199	199	152	136	132	123	112	87	87	67	61	39	32	23
APR	I	221	175	103	100	100	98	93	88	79	75	64	63	63	24	11
	II	306	135	133	128	122	111	99	96	82	49	46	45	45	26	24
	III	122	86	79	72	60	59	53	43	30	22	15	8	8	0	0
MEI	I	163	160	136	116	101	79	74	65	64	60	52	52	27	0	0
	II	207	176	136	109	96	96	77	48	43	23	16	3	3	0	0
	III	174	164	115	96	77	54	47	38	25	25	18	16	6	2	0
JUN	I	129	126	84	43	37	32	20	8	4	4	0	0	0	0	0
	II	171	90	57	50	27	20	11	11	10	10	9	8	2	0	0
	III	98	86	41	37	30	10	5	5	3	2	0	0	0	0	0
JUL	I	132	39	32	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	121	58	37	19	13	12	12	8	6	4	1	0	0	0	0
	III	48	44	20	19	15	5	5	2	2	0	0	0	0	0	0
AUG	I	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	32	12	12	8	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	37	5	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEP	I	78	5	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	234	30	17	14	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	70	30	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OKT	I	64	43	41	41	15	13	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	174	80	39	34	31	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	198	135	108	61	61	44	41	33	28	8	6	3	0	0	0
NOV	I	301	257	199	199	105	103	63	62	26	18	7	4	4	0	0
	II	153	153	148	136	98	82	70	60	31	25	16	7	2	0	0
	III	190	131	123	114	114	103	86	77	75	65	50	25	8	5	0
DES	I	249	244	170	163	150	115	107	51	40	40	36	18	14	8	5
	II	206	204	148	148	140	131	124	96	79	77	55	55	35	14	2
	III	309	239	215	206	163	120	97	93	65	45	29	29	21	21	0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Curah Hujan efektif rata-rata bulanan dikaitkan dengan ET Tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (USDA(SCS),1696)

Rerata Curah Hujan Eto	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
25	8	16	24													
50	8	17	25	32	39	46										
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
125	10	20	29	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
150	10	21	30	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
175	11	22	31	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
200	11	23	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
225	12	24	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Sumber: Ref (FAO, 1977)

Tabel 4.7 Perhitungan Curah Hujan Efektif untuk Tanaman
Palawija (Jagung)

Bulan	Periode	50% Re 80 mm/10hari	Re mm/bulan	Eto mm/bulan	Re pol mm/bulan	Re Pol mm/10hari	Re Pol mm/hari
1	2	3	4	5	6	7	8
JAN	I	33.75					2.59
	II	22.25	108.00	146.29	77.77	25.92	2.59
	III	52.00					2.59
FEB	I	40.25					2.55
	II	35.25	108.00	138.88	76.40	25.47	2.55
	III	32.50					2.55
MAR	I	20.75					2.01
	II	31.00	82.00	138.50	60.40	20.13	2.01
	III	30.25					2.01
APR	I	31.50					1.46
	II	22.50	57.75	135.54	43.69	14.56	1.46
	III	3.75					1.46
MEI	I	25.75					0.92
	II	1.50	35.25	130.90	27.62	9.21	0.92
	III	8.00					0.92
JUN	I	0.00					0.10
	II	4.00	4.00	118.68	3.12	1.04	0.10
	III	0.00					0.10
JUL	I	0.00					0.00
	II	0.00	0.00	127.93	0.00	0.00	0.00
	III	0.00					0.00
AUG	I	0.00					0.00
	II	0.00	0.00	145.48	0.00	0.00	0.00
	III	0.00					0.00
SEP	I	0.00					0.00
	II	0.00	0.00	157.86	0.00	0.00	0.00
	III	0.00					0.00
OKT	I	0.00					0.03
	II	0.00	1.25	152.59	1.01	0.34	0.03
	III	1.25					0.03
NOV	I	1.75					0.48
	II	3.25	17.50	144.65	14.31	4.77	0.48
	III	12.50					0.48
DES	I	8.75					1.39
	II	27.50	50.50	169.39	41.72	13.91	1.39
	III	14.25					1.39

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut keterangan dari tabel 4.7 mengenai perhitungan curah hujan efektif untuk Palawija:

Kolom 1 = bulan

Kolom 2 = periode dekade ke-i

Kolom 3 = $50\% \times Re_{80} / 10$ hari (tabel 4.5 Urutan 12) dalam mm/hari

Kolom 4 = total kolom 3 selama 3 dekade tiap bulan Re_{80} dalam mm/bulan

Kolom 5 = evapotranspirasi tiap bulan (tabel 4.3) dalam mm/bulan

Kolom 6 = $Re_{palawija}$ (ditentukan dengan cara menginterpolasi dari tabel 4.6) dalam mm/bulan

Kolom 7 = $Re_{palawija}$ (pada kolom 6) / 3 hari (mm/10hari)

Kolom 8 = $Re_{palawija}$ (pada kolom 7) / 10 hari (mm/hari)

Tabel 4.8 Curah Hujan Efektif untuk Padi dan Palawija

Bulan	Periode	Re 80% mm/10hari	R eff (mm/hari)	
			Padi	Palawija
1	2	3	4	5
JAN	I	67.50	4.73	2.59
	II	44.50	3.12	2.59
	III	104.00	7.28	2.59
FEB	I	80.50	5.64	2.55
	II	70.50	4.94	2.55
	III	65.00	4.55	2.55
MAR	I	41.50	2.91	2.01
	II	62.00	4.34	2.01
	III	60.50	4.24	2.01
APR	I	63.00	4.41	1.46
	II	45.00	3.15	1.46
	III	7.50	0.53	1.46
MEI	I	51.50	3.61	0.92
	II	3.00	0.21	0.92
	III	16.00	1.12	0.92
JUN	I	0.00	0.00	0.10
	II	8.00	0.56	0.10
	III	0.00	0.00	0.10
JUL	I	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00
	III	0.00	0.00	0.00
AUG	I	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00
	III	0.00	0.00	0.00
SEP	I	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00
	III	0.00	0.00	0.00
OKT	I	0.00	0.00	0.03
	II	0.00	0.00	0.03
	III	2.50	0.18	0.03
NOV	I	3.50	0.25	0.48
	II	6.50	0.46	0.48
	III	25.00	1.75	0.48
DES	I	17.50	1.23	1.39
	II	55.00	3.85	1.39
	III	28.50	2.00	1.39

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut keterangan dari tabel 4.8 mengenai curah hujan efektif untuk Padi dan Palawija:

Kolom 1 = bulan

Kolom 2 = periode dekade ke-i

Kolom 3 = curah hujan rata-rata 80% dalam mm/10 harian

Kolom 4 = $Re_{padi} (R_{80}/10 \text{ harian} \times 70\%)$

Kolom 5 = $Re_{palawija}$ (tabel 4.7 kolom 9)

4.4 Debit Andalan

Data debit tersedia merupakan debit *intake*, yang diperoleh dari hasil pengukuran debit dari tahun 1990 sampai dengan tahun 20014 (Tabel 4.9). Untuk keperluan air irigasi akan dicari debit andalan bulanan dengan tingkat keandalan sebesar 80%. Dengan demikian diharapkan debit tersebut cukup layak untuk keperluan penyediaan air untuk irigasi.

Debit andalan 80% ialah debit dengan kemungkinan terpenuhi 80% atau tidak terpenuhi 20% dari periode waktu tertentu. Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun dengan urutan dari terbesar menuju terkecil. Catatan n tahun sehingga debit dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, dapat dihitung volume andalan dengan menggunakan pendekatan empiris dengan rumus:

$$Q_{80} = (n/5) + 1$$

keterangan:

Q_{80} = debit andalan 80%

n = jumlah tahun pengamatan

Contoh perhitungan untuk bulan Januari periode pertama:

- Merangking data volume *inflow* bulanan dari terbesar sampai terkecil dari tahun 1990 sampai dengan 2014 (tabel 4.9).
- Menghitung $Q_{80} = (n/5) + 1$, dimana n = jumlah tahun pengamatan (30 tahun), maka $Q_{80} = (25/5) + 1 = 6$.

- c. Dari 25 data debit *inflow* yang telah diurutkan tersebut diambil urutan ke-7 dari urutan terkecil sebagai Q_{80} nya.

Dapat disimpulkan, dari data yang telah diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, karena 5 peringkat terbawah merupakan volume tak terpenuhi, diambil nomor 20 sebagai nilai volume andalannya. Untuk hasil perhitungannya direkap pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Data Debit Inflow Sungai Keser periode 10 harian -rata bulanan (USDA(SCS),1696)

Bulan	Periode	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		Debit Inflow Sungai Keser (m ³ /det) Tahun																			
JAN	1	2.06	1.34	2.01	1.97	1.78	7.79	11.13	2.23	0.38	5.89	0.90	0.89	1.85	8.45	1.83	0.93	1.38	0.84	2.65	0.69
	2	2.06	2.31	2.15	2.05	4.13	5.07	7.01	2.92	0.42	6.48	0.62	0.78	1.78	7.61	2.73	0.77	1.06	0.60	2.94	0.77
	3	1.92	1.48	2.18	2.55	6.35	11.52	4.77	4.93	1.34	4.07	0.76	0.93	2.81	7.72	2.42	0.82	1.17	1.00	2.33	0.56
FEB	1	2.39	1.52	2.57	1.83	5.05	10.99	4.25	9.78	2.96	1.88	1.09	1.44	4.69	9.23	1.55	0.76	0.96	0.91	2.38	0.90
	2	2.47	0.99	2.55	1.38	3.45	12.13	4.39	16.10	4.25	2.04	1.11	1.61	2.40	8.13	1.83	2.05	0.89	1.24	2.43	1.07
	3	2.58	1.31	2.31	1.59	4.60	8.14	9.84	5.15	1.07	1.51	1.34	1.03	7.35	1.62	1.82	0.83	1.16	3.60	1.63	0.85
MAR	1	2.32	1.00	1.77	1.49	4.90	8.30	4.94	1.46	12.07	0.56	1.46	0.74	0.34	9.79	1.02	1.69	0.83	0.99	3.14	0.88
	2	2.17	1.16	2.29	1.54	2.88	8.01	8.63	0.83	14.54	0.45	1.15	0.73	1.03	8.62	1.10	1.97	0.78	0.73	3.12	0.52
	3	1.82	0.74	1.79	1.51	3.73	6.17	7.06	0.75	14.39	0.40	1.13	1.08	1.57	4.31	1.54	1.47	0.89	1.14	2.65	0.36
APR	1	1.86	0.99	2.16	3.45	1.82	4.49	4.15	0.57	14.86	0.30	1.04	1.56	3.15	4.13	0.46	0.90	1.07	1.19	3.57	0.97
	2	1.97	1.26	2.45	3.02	1.45	2.13	14.42	0.76	12.61	0.62	1.44	1.56	5.19	3.81	0.25	0.49	1.31	1.21	2.87	0.66
	3	1.97	1.36	2.16	1.39	1.51	2.43	4.05	0.46	12.30	0.11	0.96	1.02	4.15	2.81	0.24	0.26	0.64	0.97	1.47	0.53
MEI	1	1.67	1.09	1.73	1.57	1.39	0.67	2.65	0.35	9.87	0.39	1.42	0.98	2.65	4.83	0.22	0.17	0.47	0.52	1.11	0.71
	2	1.56	0.72	1.66	1.35	1.38	0.20	2.36	0.30	4.21	0.12	1.48	0.70	2.16	3.91	0.48	0.17	0.45	0.61	1.42	0.68
	3	1.49	0.53	1.68	1.31	1.34	0.66	1.47	0.22	5.15	0.02	0.88	0.60	1.92	3.27	0.39	0.14	0.47	0.47	1.06	0.51
JUN	1	1.59	0.54	1.71	1.31	1.35	0.85	1.18	0.14	3.10	0.25	0.82	1.08	1.83	2.46	0.33	0.15	0.72	0.51	1.00	0.55
	2	1.52	0.53	1.59	1.85	1.34	4.31	1.37	0.12	3.48	0.02	0.68	1.48	1.75	2.72	0.54	0.30	0.75	0.48	0.98	0.50
	3	1.51	0.52	1.52	1.35	1.30	1.75	1.63	0.04	6.09	0.01	0.55	0.91	1.66	2.21	0.20	0.65	0.65	0.49	0.95	0.50
JUL	1	1.50	0.51	1.52	1.22	1.30	0.65	1.42	0.03	7.88	0.02	0.53	0.65	1.73	1.96	0.21	0.74	0.63	0.44	0.90	0.51
	2	1.49	0.50	1.50	1.21	1.31	0.81	1.26	0.02	4.00	0.02	0.52	0.58	1.73	1.91	0.21	1.16	0.61	0.43	0.90	0.50
	3	1.43	0.44	1.45	1.20	1.30	0.26	1.37	0.02	7.48	0.02	0.46	0.51	1.76	1.84	0.21	0.58	0.58	0.42	0.88	0.49
AGS	1	1.46	0.47	1.48	1.23	1.30	0.10	1.15	0.02	3.56	0.01	0.49	0.55	1.65	1.64	0.16	0.13	0.56	0.47	0.89	0.49
	2	1.45	0.46	1.47	1.25	1.30	0.06	0.83	0.02	4.08	0.01	0.48	0.54	1.55	1.55	0.15	0.10	0.55	0.49	0.90	0.48
	3	1.40	0.41	2.05	1.29	1.30	0.02	0.90	0.02	7.49	0.01	0.43	0.48	1.48	1.48	0.14	0.10	0.53	0.48	0.89	0.46
SEP	1	1.43	0.44	2.32	1.34	1.32	0.02	0.76	0.02	3.49	0.00	0.46	0.51	1.46	1.46	0.15	0.10	0.50	0.48	0.86	0.44
	2	1.42	0.43	1.78	1.33	1.32	0.01	0.60	0.03	2.61	0.00	0.45	0.50	1.46	1.48	0.15	0.13	0.48	0.45	0.82	0.44
	3	1.41	0.42	2.21	1.31	1.32	0.01	0.49	0.03	7.88	0.01	0.44	0.49	1.46	1.41	0.15	0.17	0.47	0.45	0.81	0.44
OKT	1	1.40	0.40	3.08	1.30	1.32	0.01	0.43	0.02	2.92	0.00	0.42	0.56	1.44	1.25	0.15	0.11	0.46	0.45	0.83	0.44
	2	1.38	0.39	2.43	1.28	1.31	0.03	0.38	0.02	5.62	0.04	1.03	0.52	1.42	1.10	0.15	0.08	0.41	0.45	0.85	0.44
	3	1.34	0.35	2.59	1.32	1.31	0.04	1.56	0.02	11.78	0.16	1.00	0.45	1.41	1.54	0.14	0.17	0.37	0.47	0.89	0.44
NOV	1	1.36	0.37	2.22	1.34	1.33	0.03	0.56	0.02	14.22	0.67	0.94	0.60	1.40	1.08	0.21	0.12	0.33	0.72	2.04	0.43
	2	1.35	0.63	2.20	2.12	1.48	2.37	2.40	0.02	9.42	0.65	1.02	0.55	1.40	2.30	0.32	0.11	0.32	0.80	1.87	0.60
	3	1.34	0.46	2.43	2.15	1.41	6.81	1.68	0.05	4.63	3.57	0.98	0.75	1.41	2.52	1.43	0.15	0.32	0.40	2.11	0.13
DIES	1	1.34	0.88	2.58	2.73	1.29	1.87	0.95	0.32	6.40	0.59	0.63	0.52	1.40	4.36	3.01	2.07	0.35	1.33	1.20	0.18
	2	1.95	0.91	2.32	1.62	1.72	0.72	4.23	0.13	8.17	1.77	0.99	0.46	1.40	2.12	0.96	2.15	0.51	1.70	1.18	0.19
	3	1.82	1.00	2.41	1.72	1.30	0.20	0.71	0.94	13.42	2.53	0.54	0.41	1.41	2.86	3.10	2.44	1.03	1.39	1.09	0.07

Tabel 4.9 Data Debit Inflow Sungai Keser periode 10 harian
(Lanjutan)

Bulan	Periode	Debit Inflow Sungai Keser (m ³ /det) Tahun				
		2010	2011	2012	2013	2014
JAN	1	0.98	11.11	0.36	8.54	1.83
	2	1.13	6.98	0.40	7.70	1.77
	3	1.16	4.74	1.51	7.81	2.80
FEB	1	1.54	4.23	2.94	9.32	4.67
	2	1.53	4.37	4.23	8.23	2.38
	3	1.28	8.12	5.12	7.44	1.01
MAR	1	0.75	4.91	12.04	9.88	0.33
	2	1.27	8.61	14.51	8.72	1.01
	3	0.77	7.03	14.37	4.41	1.55
APR	1	1.14	4.12	14.84	4.22	3.13
	2	1.42	14.40	12.58	3.90	5.17
	3	1.14	4.02	12.28	2.91	4.13
MEI	1	0.71	2.63	9.84	4.92	2.64
	2	0.63	2.33	4.19	4.00	2.15
	3	0.66	1.45	5.13	3.37	1.91
JUN	1	0.68	1.16	3.07	2.56	1.81
	2	0.56	1.35	3.45	2.82	1.74
	3	0.50	1.61	6.07	2.30	1.64
JUL	1	0.49	1.39	7.85	2.05	1.72
	2	0.48	1.23	3.97	2.01	1.72
	3	0.42	1.34	7.45	1.93	1.74
AGS	1	0.46	1.12	3.54	1.73	1.64
	2	0.44	0.81	4.06	1.65	1.54
	3	1.03	0.87	7.47	1.57	1.46
SEP	1	1.30	0.74	3.46	1.55	1.45
	2	0.76	0.57	2.59	1.57	1.44
	3	1.19	0.46	7.86	1.51	1.44
OKT	1	2.05	0.40	2.90	1.35	1.42
	2	1.41	0.36	5.59	1.19	1.41
	3	1.56	1.54	11.75	1.63	1.40
NOV	1	1.20	0.54	14.19	1.18	1.38
	2	1.17	2.38	9.39	2.39	1.39
	3	1.41	1.66	4.60	2.62	1.40
DES	1	1.56	0.92	6.37	4.45	1.38
	2	1.29	4.20	8.15	2.21	1.39
	3	1.39	0.68	13.39	2.96	1.39

Tabel 4.10 Perhitungan Debit Andalan 80%

Bulan		Debit Andalan (m ³ /det) peringkat ke																			
Periode		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
JAN	1	11.13	11.11	8.54	8.45	7.79	5.89	2.65	2.23	2.06	2.01	1.97	1.85	1.83	1.83	1.78	1.38	1.34	0.98	0.93	0.90
	2	7.70	7.61	7.01	6.98	6.48	5.07	4.13	2.94	2.92	2.73	2.31	2.15	2.06	2.05	1.78	1.77	1.13	1.06	0.78	0.77
	3	11.52	7.81	7.72	6.35	4.93	4.77	4.74	4.07	2.81	2.80	2.55	2.42	2.33	2.18	1.92	1.54	1.51	1.48	1.17	1.16
FEB	1	10.99	9.78	9.32	9.23	5.05	4.69	4.67	4.25	4.23	2.96	2.94	2.57	2.39	2.38	1.88	1.83	1.55	1.54	1.52	1.44
	2	16.10	12.13	8.23	8.13	4.39	4.37	4.25	3.45	3.45	2.55	2.47	2.43	2.40	2.38	2.05	2.04	1.83	1.61	1.53	1.38
	3	12.60	9.84	8.14	8.12	7.44	7.35	5.15	5.12	4.60	3.60	2.58	2.31	1.82	1.63	1.62	1.59	1.51	1.34	1.31	1.28
MAR	1	12.07	12.04	9.88	9.79	8.30	4.94	4.91	4.90	3.14	2.32	1.77	1.69	1.49	1.46	1.46	1.02	1.00	0.99	0.85	0.83
	2	14.54	14.51	8.72	8.63	8.62	8.61	8.01	3.12	2.88	2.29	2.17	1.97	1.54	1.27	1.16	1.15	1.10	1.03	1.01	0.83
	3	14.39	14.37	7.06	7.03	6.17	4.41	4.31	3.73	2.65	1.82	1.79	1.57	1.55	1.54	1.51	1.47	1.14	1.13	1.08	0.89
APR	1	14.86	14.84	4.49	4.22	4.15	4.13	4.12	3.57	3.45	3.15	3.13	2.16	1.86	1.82	1.56	1.19	1.14	1.07	1.04	0.99
	2	14.42	14.40	12.61	12.58	5.19	5.17	3.90	3.81	3.02	2.87	2.45	2.13	1.97	1.56	1.45	1.44	1.42	1.31	1.26	1.21
	3	12.30	12.28	4.15	4.13	4.05	4.02	2.91	2.81	2.43	2.16	1.97	1.51	1.47	1.39	1.36	1.14	1.02	0.97	0.96	0.64
MEI	1	9.87	9.84	4.92	4.83	2.65	2.65	2.64	2.63	1.73	1.67	1.57	1.42	1.39	1.11	1.09	0.98	0.71	0.71	0.67	0.52
	2	4.21	4.19	4.00	3.91	2.36	2.33	2.16	2.15	1.66	1.56	1.48	1.42	1.38	1.35	0.72	0.70	0.68	0.63	0.61	0.48
	3	5.15	5.13	3.37	3.27	1.92	1.91	1.68	1.49	1.47	1.45	1.34	1.31	1.06	0.88	0.66	0.66	0.60	0.53	0.51	0.47
JUN	1	3.10	3.07	2.56	2.46	1.83	1.81	1.71	1.59	1.35	1.31	1.18	1.16	1.08	1.00	0.85	0.82	0.72	0.68	0.55	0.53
	2	4.31	3.48	3.45	2.82	2.72	1.85	1.75	1.74	1.59	1.52	1.48	1.37	1.35	1.34	0.98	0.75	0.68	0.56	0.54	0.53
	3	6.09	6.07	2.30	2.21	1.75	1.66	1.64	1.63	1.61	1.52	1.51	1.35	1.30	0.95	0.91	0.65	0.65	0.55	0.52	0.50
JUL	1	7.88	7.85	2.05	1.96	1.73	1.72	1.52	1.50	1.42	1.39	1.30	1.22	0.90	0.74	0.65	0.65	0.63	0.53	0.51	0.51
	2	4.00	3.97	2.01	1.91	1.73	1.72	1.50	1.49	1.31	1.26	1.23	1.21	1.16	0.90	0.81	0.61	0.58	0.52	0.50	0.50
	3	7.48	7.45	1.93	1.84	1.76	1.74	1.45	1.43	1.37	1.34	1.30	1.20	0.88	0.58	0.58	0.51	0.49	0.46	0.44	0.42
AGS	1	3.56	3.54	1.73	1.65	1.64	1.64	1.48	1.46	1.30	1.23	1.15	1.12	0.89	0.56	0.55	0.49	0.49	0.47	0.47	0.46
	2	4.08	4.06	1.65	1.55	1.55	1.54	1.47	1.45	1.30	1.25	0.90	0.83	0.81	0.55	0.54	0.49	0.48	0.46	0.44	0.41
	3	7.49	7.47	2.05	1.57	1.48	1.48	1.46	1.40	1.30	1.29	1.03	0.90	0.89	0.87	0.53	0.48	0.48	0.46	0.43	0.41
SEP	1	3.49	3.46	2.32	1.55	1.46	1.46	1.45	1.43	1.34	1.32	1.30	0.86	0.76	0.74	0.51	0.50	0.48	0.46	0.44	0.44
	2	2.61	2.59	1.78	1.57	1.48	1.46	1.44	1.42	1.33	1.32	0.82	0.76	0.60	0.57	0.50	0.48	0.45	0.45	0.44	0.43
	3	7.88	7.86	2.21	1.51	1.46	1.44	1.41	1.41	1.32	1.31	1.19	0.81	0.49	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	0.42
OKT	1	3.08	2.92	2.90	2.05	1.44	1.42	1.40	1.35	1.32	1.30	1.25	0.83	0.56	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.40	0.40
	2	5.62	5.59	2.43	1.42	1.41	1.41	1.38	1.31	1.28	1.19	1.10	1.03	0.85	0.52	0.45	0.44	0.41	0.39	0.38	0.36
	3	11.78	11.75	2.59	1.63	1.56	1.56	1.54	1.54	1.41	1.40	1.34	1.32	1.31	1.00	0.89	0.47	0.45	0.44	0.37	0.35
NOV	1	14.22	14.19	2.22	2.04	1.40	1.38	1.36	1.34	1.33	1.20	1.18	1.08	0.94	0.72	0.67	0.60	0.56	0.54	0.43	0.37
	2	9.42	9.39	4.65	2.40	2.39	2.38	2.37	2.30	2.20	2.12	1.87	1.48	1.40	1.39	1.35	1.17	1.02	0.80	0.63	0.60
	3	6.81	4.63	4.40	3.57	2.62	2.52	2.43	2.15	2.11	1.68	1.66	1.43	1.41	1.41	1.41	1.40	1.34	0.98	0.75	0.46
DES	1	6.40	6.37	4.45	4.36	3.01	2.73	2.58	2.07	1.87	1.56	1.40	1.38	1.34	1.33	1.29	1.20	0.95	0.92	0.88	0.63
	2	8.17	8.15	4.23	4.20	2.32	2.21	2.15	2.12	1.95	1.77	1.72	1.70	1.62	1.40	1.30	1.29	1.18	0.99	0.96	0.91
	3	13.42	13.39	3.10	2.96	2.86	2.53	2.44	2.41	1.82	1.72	1.41	1.39	1.39	1.39	1.39	1.30	1.09	1.03	1.00	0.71

Tabel 4.10 Perhitungan Debit Andalan 80%

Bulan	Periode	Debit Andalan (m ³ /det) peringkat ke				
		21	22	23	24	25
JAN	1	0.89	0.84	0.69	0.38	0.36
	2	0.77	0.62	0.60	0.42	0.40
	3	1.00	0.93	0.82	0.76	0.56
FEB	1	1.09	0.96	0.91	0.90	0.76
	2	1.24	1.11	1.07	0.99	0.89
	3	1.16	1.07	1.03	1.01	0.83
MAR	1	0.75	0.74	0.56	0.34	0.33
	2	0.78	0.73	0.73	0.52	0.45
	3	0.77	0.75	0.74	0.40	0.36
APR	1	0.97	0.90	0.57	0.46	0.30
	2	0.76	0.66	0.62	0.49	0.25
	3	0.53	0.46	0.26	0.24	0.11
MEI	1	0.47	0.39	0.35	0.22	0.17
	2	0.45	0.30	0.20	0.17	0.12
	3	0.47	0.39	0.22	0.14	0.02
JUN	1	0.51	0.33	0.25	0.15	0.14
	2	0.50	0.48	0.30	0.12	0.02
	3	0.50	0.49	0.20	0.04	0.01
JUL	1	0.49	0.44	0.21	0.03	0.02
	2	0.48	0.43	0.21	0.02	0.02
	3	0.42	0.26	0.21	0.02	0.02
AGS	1	0.16	0.13	0.10	0.02	0.01
	2	0.15	0.10	0.06	0.02	0.01
	3	0.14	0.10	0.02	0.02	0.01
SEP	1	0.15	0.10	0.02	0.02	0.00
	2	0.15	0.13	0.03	0.01	0.00
	3	0.17	0.15	0.03	0.01	0.01
OKT	1	0.15	0.11	0.02	0.01	0.00
	2	0.15	0.08	0.04	0.03	0.02
	3	0.17	0.16	0.14	0.04	0.02
NOV	1	0.33	0.21	0.12	0.03	0.02
	2	0.55	0.32	0.32	0.11	0.02
	3	0.40	0.32	0.15	0.13	0.05
DES	1	0.59	0.52	0.35	0.32	0.18
	2	0.72	0.51	0.46	0.19	0.13
	3	0.68	0.54	0.41	0.20	0.07

Tabel 4.11 Rekapitulasi Debit Andalan Tiap Bulan

Bulan	Periode	Inflow Debit Andalan (m ³ /det)	Total Perbulan (m ³ /det)
1	2	3	4
JAN	I	0.90	2.82
	II	0.77	
	III	1.16	
FEB	I	1.44	4.10
	II	1.38	
	III	1.28	
MAR	I	0.83	2.55
	II	0.83	
	III	0.89	
APR	I	0.99	2.83
	II	1.21	
	III	0.64	
MEI	I	0.52	1.47
	II	0.48	
	III	0.47	
JUN	I	0.54	1.57
	II	0.53	
	III	0.50	
JUL	I	0.51	1.42
	II	0.50	
	III	0.42	
AGS	I	0.46	1.31
	II	0.44	
	III	0.41	
SEP	I	0.44	1.28
	II	0.43	
	III	0.42	
OKT	I	0.40	1.11
	II	0.36	
	III	0.35	
NOV	I	0.37	1.43
	II	0.60	
	III	0.46	
DES	I	0.63	2.25
	II	0.91	
	III	0.71	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI

5.1 Tinjauan Umum

Di bab ini akan dibahas mengenai tinjauan umum tentang kebutuhan air untuk irigasi. Dengan pengelolaan air irigasi yang baik, dengan cara memberikan sejumlah air yang tepat pada waktunya sesuai dengan tingkat kebutuhan tanaman, maka akan diperoleh hasil panen yang baik.

Seperti halnya manusia, setiap tanaman pun memerlukan air dalam masa pertumbuhannya yang berfungsi sebagai zat tumbuh. Kebutuhan akan air berbeda-beda selama proses masa tumbuhnya. Masa tumbuh setiap tanaman pun juga berbeda, sehingga dalam satu tahun kita dapat mengatur berbagai macam tanaman yang ditanam sesuai dengan masa tumbuhnya. Sehingga dalam satu tahun dapat diperoleh suatu pola tanam yang sesuai dengan masa tanamnya.

Umumnya setiap jenis tanaman selama pertumbuhannya akan terus menerus membutuhkan air, namun kualitas air yang dibutuhkan sangat bervariasi. Adapun jenis tanaman yang ada di Daerah Irigasi Ngasinan ini adalah Padi dan Palawija. Dimana kebutuhan air untuk tanaman padi jauh lebih banyak bila dibandingkan dengan tanaman palawija.

5.2 Perencanaan Pola Tanam

Dikarenakan adanya keterbatasan air, maka pengaturan pola tanam dan masa tanam harus dilakukan untuk dapat mengurangi banyaknya air yang dibutuhkan, dengan kata lain efisiensi dalam pemakaian air untuk irigasi dapat ditingkatkan.

Dalam studi ini akan dianalisa dengan 1 tipe pola tanam:

1. Tipe 1 : Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija

Alternatif pola tanam tersebut akan dihitung masing-masing kebutuhan airnya dengan awal masa tanam yang berbeda-beda, yaitu:

1. Awal masa tanam 1 pada bulan Januari I
2. Awal masa tanam 2 pada bulan Februari I
3. Awal masa tanam 3 pada bulan Maret I
4. Awal masa tanam 4 pada bulan April I
5. Awal masa tanam 5 pada bulan Mei I
6. Awal masa tanam 6 pada bulan Juni I
7. Awal masa tanam 7 pada bulan Juli I
8. Awal masa tanam 8 pada bulan Agustus I
9. Awal masa tanam 9 pada bulan September I
10. Awal masa tanam 10 pada bulan Oktober I
11. Awal masa tanam 11 pada bulan November I
12. Awal masa tanam 12 pada bulan Desember I

5.3 Langkah Menentukan Kebutuhan Air untuk Irigasi

Di dalam menentukan air untuk irigasi di sawah, ada beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain:

1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi ini merupakan proses evaporasi dan transpirasi yang terjadi yang diperoleh berdasarkan temperature udara, kecepatan angin, kelembaban relatif dan lama penyinaran matahari yang terjadi di lokasi. Nilai ini akan digunakan untuk memperkirakan kebutuhan air untuk pengolahan tanah untuk padi di sawah. Hasil perhitungan evapotranspirasi ini telah disajikan pada tabel 4.3 Pada bab IV.

2. Curah hujan efektif

Curah hujan efektif diartikan sebagai curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Hasil perhitungan curah hujan efektif ini telah disajikan pada tabel 4.5 pada bab IV.

3. Perkolasi

Perkolasi atau peresapan air ke dalam tanah disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya tekstur tanah dan permeabilitasnya. Dengan data tekstur tanah eksisting di lapangan yaitu tanag lempung, maka laju perkolasi diambil 3 mm/hari.

4. Pengolahan tanah dan cara penyiapan lahan

Di dalam menentukan air untuk irigasi difaktor ini merupakan langkah pertama yang dibutuhkan oleh tanaman dalam mempersiapkan tanahnya untuk penanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan pengelolaan tanah yang berbeda-beda.

Pengelolaan tanah untuk padi membutuhkan air irigasi yang lebih banyak, karena padi akan memerlukan tanah dengan tingkat kejenuhan yang baik dan dalam keadaan tanah yang lunak dan gembur. Pengelolaan tanah ini dilakukan antara 20 sampai dengan

30 hari sebelum masa tanam. Minggu pertama sebelum kegiatan penanaman dimulai, petak sawah diberi air secukupnya untuk melunakkan tanahnya. Biasanya dilakukan dengan membajak atau mencangkul sawah. Kebutuhan air untuk pengelolaan tanah dipengaruhi oleh proses evapotranspirasi potensial yang terjadi. Contoh perhitungan penyiapan lahan di bulan Januari sebagai berikut:

$$E_o = E_{To} \times 1,10 = 4,88 \times 1,10 = 5,36$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$M = E_o + P = 7,36 \text{ mm/hari}$$

$$T = 31 \text{ hari}$$

$$S = \text{Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan 50 mm. Jadi } 250 + 50 = 300 \text{ mm}$$

$$k = 7,36 \text{ mm/hari} \times 31 \text{ hari} / 300 \text{ mm} = 0,76$$

$$LP = M \cdot e^k / (e^k - 1) = 7,36 \times 2,7192^{0,76} / (2,7192^{0,76} - 1) \\ = 13,82$$

Untuk perhitungan bulan yang lain direkap pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	Eto	mm/hr	4.88	4.63	4.62	4.52	4.36	3.96	4.26	4.85	5.26	5.09	4.82	5.65
2	Eo = Eto x 1.10	mm/hr	5.36	5.09	5.08	4.97	4.80	4.35	4.69	5.33	5.79	5.60	5.30	6.21
3	P	mm/hr	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4	M = Eo + P	mm/hr	7.36	7.09	7.08	6.97	6.80	6.35	6.69	7.33	7.79	7.60	7.30	8.21
5	T	hr	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
6	S	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
7	k = MT/S		0.76	0.66	0.73	0.70	0.70	0.64	0.69	0.76	0.78	0.78	0.73	0.85
8	LP = (M.e ^k)/e ^k - 1)	mm/hr	13.82	14.65	13.64	13.88	13.47	13.51	13.40	13.80	14.39	13.96	14.09	14.35

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Koefisien tanaman

Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman ini merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman untuk masa pertumbuhannya. Besarnya koefisien tanaman ini akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air untuk tanaman. Untuk mengetahui besarnya nilai koefisien tanaman, dalam studi ini bisa dilihat pada tabel 2.2 untuk tanaman palawija dan tabel 2.3 untuk tanaman padi pada bab II.

6. Efisiensi Irigasi

Agar air yang sampai pada tanaman tepat jumlahnya seperti yang direncanakan, maka air yang dikeluarkan dari pintu harus lebih besar dari kebutuhan. Besarnya nilai efisiensi irigasi ini mempengaruhi oleh jumlah air yang hilang selama di perjalanan. Efisiensi kehilangan air pada saluran primer, sekunder dan tersier berbeda-beda pada daerah irigasi. Besarnya kehilangan air di tingkat saluran primer 80%, sekunder 90%, dan tersier 90%. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 2.4 pada bab II, sehingga efisiensi irigasi total = $90\% \times 90\% \times 80\% = 65\%$.

5.4 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Dalam mencari besarnya kebutuhan air untuk irigasi tanaman, dilakukan analisa kebutuhan air yang dipengaruhi oleh faktor pengolahan tanah, perkolasi, curah hujan efektif, evapotranspirasi, efisiensi irigasi, koefisien tanaman serta faktor lainnya yang telah dibahas sebelumnya. Untuk tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi alternatif 1 akan disajikan pada tabel 5.3 (untuk alternatif yang lain bisa dilihat pada lampiran B).

Tabel 5.3 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Irigasi Pola Tanam Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija, Awal Tanam Januari I, Mei I, September I

Bulan	Periode	Eto (mm/hr)	Re 80% (mm/hr)			P (mm/hr)	WLR (mm/hr)	Tanaman Padi				Tanaman Palawija				NFR (mm/hr)	Eto (mm/hr)	DR (bule/ha)	NFR (bule/ha)	Total Kebutuhan Air Padi (bule/ha)				
			3	4	5			Re (mm/hr)	kc1	kc2	kc3	kc	Re pol (mm/hr)	kc1	kc2						kc3	kc		
JAN	1	4.88	6.75	4.73	2.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.82	9.10	1.62	2.59	0.5	0.50	2.44	-0.15	0.00	4.69	0.01		
	2	4.88	6.75	4.73	2.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.82	9.10	1.62	2.59	0.5	0.50	2.44	-0.15	0.00	4.69	0.01		
	3	4.88	6.75	4.73	2.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.82	9.10	1.62	2.59	0.5	0.50	2.44	-0.15	0.00	4.69	0.01		
FEB	1	4.63	8.05	5.64	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.09	2.56	0.47	2.55	0.99	0.84	0.59	0.81	3.73	1.19	0.21	1.85	0.63
	2	4.63	8.05	5.64	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.09	2.56	0.47	2.55	0.99	0.84	0.59	0.81	3.73	1.19	0.21	1.85	0.63
	3	4.63	8.05	5.64	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.09	2.56	0.47	2.55	0.99	0.84	0.59	0.81	3.73	1.19	0.21	1.85	0.63
MAR	1	4.62	6.50	4.55	2.00	2.20	1.05	1.07	1.10	1.05	1.07	4.97	4.62	0.82	2.55	1.05	1.05	0.99	0.84	4.44	1.90	0.34	4.44	1.90
	2	4.62	6.50	4.55	2.00	2.20	1.05	1.07	1.10	1.05	1.07	4.97	4.62	0.82	2.55	1.05	1.05	0.99	0.84	4.44	1.90	0.34	4.44	1.90
	3	4.62	6.50	4.55	2.00	2.20	1.05	1.07	1.10	1.05	1.07	4.97	4.62	0.82	2.55	1.05	1.05	0.99	0.84	4.44	1.90	0.34	4.44	1.90
APR	1	4.62	6.20	4.34	2.00	2.20	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.74	4.60	0.82	2.01	0.99	1.03	1.05	1.02	4.72	2.71	0.48	2.25	1.42
	2	4.62	6.20	4.34	2.00	2.20	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.74	4.60	0.82	2.01	0.99	1.03	1.05	1.02	4.72	2.71	0.48	2.25	1.42
	3	4.62	6.20	4.34	2.00	2.20	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.74	4.60	0.82	2.01	0.99	1.03	1.05	1.02	4.72	2.71	0.48	2.25	1.42
MAY	1	4.52	6.30	4.41	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	2.42	1.11	0.20	1.46	0.32	0.95	0.99	0.75	3.40	1.95	0.35	0.51	0.60
	2	4.52	6.30	4.41	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	2.42	1.11	0.20	1.46	0.32	0.95	0.99	0.75	3.40	1.95	0.35	0.51	0.60
	3	4.52	6.30	4.41	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	2.42	1.11	0.20	1.46	0.32	0.95	0.99	0.75	3.40	1.95	0.35	0.51	0.60
JUN	1	4.36	5.15	3.61	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	13.47	9.87	1.76	0.92	0.5	0.52	2.25	1.33	2.34	0.22	6.32	0.72	
	2	4.36	5.15	3.61	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	13.47	9.87	1.76	0.92	0.5	0.52	2.25	1.33	2.34	0.22	6.32	0.72	
	3	4.36	5.15	3.61	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	13.47	9.87	1.76	0.92	0.5	0.52	2.25	1.33	2.34	0.22	6.32	0.72	
JUL	1	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.35	1.33	0.10	0.84	0.59	0.53	0.65	2.58	1.44	0.44	4.44	1.65	
	2	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.35	1.33	0.10	0.84	0.59	0.53	0.65	2.58	1.44	0.44	4.44	1.65	
	3	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.35	1.33	0.10	0.84	0.59	0.53	0.65	2.58	1.44	0.44	4.44	1.65	
AUG	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.31	7.61	1.35	0.00	1.03	1.05	0.99	1.02	4.36	4.36	0.78	4.11	2.31
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.31	7.61	1.35	0.00	1.03	1.05	0.99	1.02	4.36	4.36	0.78	4.11	2.31
	3	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.31	7.61	1.35	0.00	1.03	1.05	0.99	1.02	4.36	4.36	0.78	4.11	2.31
SEP	1	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.63	0.98	3.78	3.53	0.63	0.95	0.32	0.95	0.99	0.42	4.22	0.75	0.00	1.48	0.00
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.63	0.98	3.78	3.53	0.63	0.95	0.32	0.95	0.99	0.42	4.22	0.75	0.00	1.48	0.00
	3	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.63	0.98	3.78	3.53	0.63	0.95	0.32	0.95	0.99	0.42	4.22	0.75	0.00	1.48	0.00
OCT	1	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	14.39	10.36	0.00	0.5	0.52	0.52	1.55	0.28	0.47	0.00	7.69	1.46	
	2	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	14.39	10.36	0.00	0.5	0.52	0.52	1.55	0.28	0.47	0.00	7.69	1.46	
	3	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	LP	14.39	10.36	0.00	0.5	0.52	0.52	1.55	0.28	0.47	0.00	7.69	1.46	
NOV	1	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.60	1.55	0.03	0.84	0.59	0.53	0.65	3.32	3.29	0.59	4.78	2.17	
	2	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.60	1.55	0.03	0.84	0.59	0.53	0.65	3.32	3.29	0.59	4.78	2.17	
	3	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.60	1.55	0.03	0.84	0.59	0.53	0.65	3.32	3.29	0.59	4.78	2.17	
DES	1	4.82	0.35	0.25	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.68	1.69	0.48	1.05	0.99	1.02	0.95	4.88	4.88	0.86	4.79	2.35	
	2	4.82	0.35	0.25	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.68	1.69	0.48	1.05	0.99	1.02	0.95	4.88	4.88	0.86	4.79	2.35	
	3	4.82	0.35	0.25	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	4.68	1.69	0.48	1.05	0.99	1.02	0.95	4.88	4.88	0.86	4.79	2.35	
JAN	1	5.65	1.75	1.25	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	4.91	0.87	1.39	0.32	0.95	0.99	0.75	4.25	2.86	0.51	4.77	0.97	
	2	5.65	1.75	1.25	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	4.91	0.87	1.39	0.32	0.95	0.99	0.75	4.25	2.86	0.51	4.77	0.97	
	3	5.65	1.75	1.25	2.00	1.10	0	0.63	0.98	1.05	0.63	4.91	0.87	1.39	0.32	0.95	0.99	0.75	4.25	2.86	0.51	4.77	0.97	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.4 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Irigasi Pola Tanam Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija, Awal Tanam Februari, Juni I, Oktober I

Bulan	Periode	PET (Bo 80%)					Re (mm/hr)	P (mm/hr)	WLR (mm/hr)	Tanaman Padi					Tanaman Palawija					Total Kebutuhan Air			
		1	2	3	4	5				k1	k2	k3	ke	Etc (mm/hr)	NFR (l/ha/hr)	DR (l/ha/hr)	Re pol (mm/hr)	k1	k2	k3	ke	Etc (mm/hr)	NFR (l/ha/hr)
JAN	1	4.88	6.75	4.73	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.62	0.99	0.18	2.59	0.32	0.95	0.99	0.75	3.07	1.08	0.09	0.25	
	2	4.88	4.45	2.12	2.00	1.10	0	0.63	0.92	0.54	2.62	0.99	0.18	2.59	0.32	0.95	0.99	0.64	3.03	0.50	0.09	0.28	
FEB	1	4.63	8.05	5.64	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	14.65	9.02	1.61	2.55	0.5	0.52	0.31	-0.23	0.00				
	2	4.63	7.05	4.94	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	14.65	9.02	1.61	2.55	0.5	0.52	0.31	-0.16	0.00	5.13	0.00		
MAR	1	4.62	4.15	2.91	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.08	5.17	0.80	2.55	0.95	0.5	0.54	3.50	-0.05	0.00	0.18		
	2	4.62	6.20	4.34	2.00	1.10	1.07	1.10	1.09	5.03	3.79	0.80	2.01	0.99	0.84	0.59	0.81	3.72	1.71	0.30	2.49	0.91	
APR	1	4.52	6.30	4.41	2.00	1.10	1.05	1.05	1.07	1.06	4.77	3.46	1.02	1.46	1.03	1.05	0.99	4.43	2.42	0.43			
	2	4.52	4.50	3.15	2.00	1.10	1.05	1.05	1.03	4.44	5.69	1.01	1.46	0.99	1.03	1.05	1.02	4.62	3.17	0.56	2.80	1.66	
MAY	1	4.52	4.75	3.23	2.00	1.10	1.05	1.05	1.03	4.44	5.69	1.01	1.46	0.95	1.03	1.05	1.02	4.62	3.17	0.56			
	2	4.52	4.75	3.23	2.00	1.10	1.05	1.05	1.03	4.44	5.69	1.01	1.46	0.95	1.03	1.05	1.02	4.62	3.17	0.56			
JUN	1	4.36	8.30	5.84	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.34	3.16	0.56	0.92	0.32	0.95	0.75	3.27	1.85	0.34			
	2	4.36	0.30	0.21	2.00	1.10	0	0.63	0.92	0.32	1.37	3.16	0.56	0.92	0.32	0.95	0.64	2.77	1.85	0.33	1.05	0.84	
JUL	1	3.96	1.60	1.12	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.30	1.98	1.87	0.03			
	2	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.30	1.98	1.87	0.03			
AUG	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.69	7.79	1.39	0.84	0.59	0.54	2.14	2.03	0.36				
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.07	1.10	1.09	4.65	7.79	1.38	0.80	0.99	0.84	0.59	0.81	2.79	0.50				
SEP	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
OCT	1	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	1.03	4.38	9.12	1.62	1.00	1.05	1.05	1.02	4.96	4.56	0.88	4.42	2.62	
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	4.30	7.42	1.32	0.80	0.95	0.99	1.03	0.99	4.80	0.85			
NOV	1	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.82	5.92	1.00	0.32	0.32	0.95	0.99	3.96	3.96	0.71			
	2	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.92	0.32	1.66	3.66	0.65	0.00	0.32	0.95	0.64	3.34	3.34	0.59	2.06	1.60	
DES	1	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
	2	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
JAN	1	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59	0.53	0.65	3.15	2.67	0.48		
	2	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59	0.53	0.65	3.15	2.67	0.48		
FEB	1	4.65	1.75	1.25	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	5.18	7.63	1.36	0.48	1.05	0.99	0.84	0.96	4.45	0.74			
	2	4.65	1.75	1.25	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	5.18	7.63	1.36	0.48	1.05	0.99	0.84	0.96	4.45	0.74			
MARCH	1	5.65	3.50	3.85	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.05	5.80	6.11	1.09	1.39	0.99	1.03	1.05	1.02	5.78	4.39	0.78		
	2	5.65	3.50	3.85	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.05	5.80	6.11	1.09	1.39	0.99	1.03	1.05	1.02	5.78	4.39	0.78		
APRIL	1	5.65	2.85	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
	2	5.65	2.85	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
MAY	1	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
	2	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
JUNE	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.69	7.79	1.39	0.84	0.59	0.54	2.14	2.03	0.36				
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.69	7.79	1.39	0.84	0.59	0.54	2.14	2.03	0.36				
JULY	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
AUGUST	1	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	1.03	4.38	9.12	1.62	1.00	1.05	1.05	1.02	4.96	4.56	0.88	4.42	2.62	
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	4.30	7.42	1.32	0.80	0.95	0.99	1.03	0.99	4.80	0.85			
SEPTEMBER	1	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.82	5.92	1.00	0.32	0.32	0.95	0.99	3.96	3.96	0.71			
	2	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.92	0.32	1.66	3.66	0.65	0.00	0.32	0.95	0.64	3.34	3.34	0.59	2.06	1.60	
OCTOBER	1	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
	2	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
NOVEMBER	1	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59	0.53	0.65	3.15	2.67	0.48		
	2	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59	0.53	0.65	3.15	2.67	0.48		
DECEMBER	1	5.65	3.50	3.85	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.05	5.80	6.11	1.09	1.39	0.99	1.03	1.05	1.02	5.78	4.39	0.78		
	2	5.65	3.50	3.85	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.05	5.80	6.11	1.09	1.39	0.99	1.03	1.05	1.02	5.78	4.39	0.78		
JANUARY	1	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
	2	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.51	2.41	0.10	0.5	0.5	0.32	0.32	1.98	1.87	0.03			
FEBRUARY	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.69	7.79	1.39	0.84	0.59	0.54	2.14	2.03	0.36				
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.69	7.79	1.39	0.84	0.59	0.54	2.14	2.03	0.36				
MARCH	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	4.38	8.78	1.56	0.80	1.05	0.99	0.84	0.96	4.09	0.73			
APRIL	1	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	1.03	4.38	9.12	1.62	1.00	1.05	1.05	1.02	4.96	4.56	0.88	4.42	2.62	
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	4.30	7.42	1.32	0.80	0.95	0.99	1.03	0.99	4.80	0.85			
MAY	1	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.82	5.92	1.00	0.32	0.32	0.95	0.99	3.96	3.96	0.71			
	2	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.92	0.32	1.66	3.66	0.65	0.00	0.32	0.95	0.64	3.34	3.34	0.59	2.06	1.60	
JUNE	1	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
	2	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.96	2.49	0.03	0.5	0.5	0.32	0.32	1.68	1.68	0.30			
JULY	1	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59	0.53	0.65	3.15	2.67	0.48		
	2	4.82	0.25	0.18	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.30	8.16	1.45	0.48	0.84	0.59							

Tabel 5.5 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Irigasi Pola Tanam Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija, Awal Tanam Maret I, Juli I, November I

Bulan	Periode	PET		Re 80%		P	WLR	Tanaman Padi				Tanaman Palawija				Total Kebutuhan Air										
		Eic	NFR	Re	P			kc1	kc2	kc3	kc	Eic	NFR	DR	Re pol	Koeffisien Tanaman				DR	Padi	Palawija				
																(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)				(l/dec/ha)	(l/dec/ha)	(l/dec/ha)	(l/dec/ha)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
JAN	1	4.88	6.75	4.73	2.00	1.10	1.05	1.05	1.07	1.06	5.15	3.53	0.63	2.59	1.05	0.99	1.02	4.99	2.40	0.43						
	2	4.88	10.40	7.28	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	4.32	0.14	0.03	2.59	0.95	1.03	1.05	0.99	4.83	2.24	0.40					
	3	4.63	8.05	5.64	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.48	0.00	0.00	2.55	0.32	0.32	0.95	0.64	2.94	0.39	0.04	0.17	0.00	0.24		
FEB	1	4.63	7.05	4.94	2.00	1.10	0	0	0	0.32	1.46	0.00	0.00	2.55	0.32	0.32	0.95	0.64	2.94	0.39	0.07	0.00	0.00	0.24		
	2	4.63	6.50	4.55	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.64	0.74	1.91	2.01	0.5	0.5	0.50	2.31	1.48	-1.07	0.00	0.00	0.24			
	3	4.62	6.20	4.24	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.64	0.74	1.91	2.01	0.53	0.5	0.54	2.38	0.36	0.06	0.00	5.24	0.20			
MAR	1	4.62	6.30	4.41	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	4.97	3.66	0.65	1.46	0.84	0.59	0.53	0.65	2.95	1.50	0.27	3.04	1.17			
	2	4.52	4.90	3.15	2.00	1.10	1.07	1.10	1.09	4.92	4.87	0.87	1.46	0.99	0.84	0.96	0.81	3.64	2.19	0.39						
	3	4.52	0.75	0.53	2.00	1.10	1.05	1.05	1.07	1.06	4.41	4.11	0.73	0.92	1.03	1.05	1.02	4.47	3.54	0.63						
MEI	1	4.36	0.30	0.21	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.03	4.48	8.47	1.51	0.92	0.99	1.03	1.05	1.02	4.47	3.54	0.63	3.28	1.87			
	2	4.36	1.60	1.12	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	3.87	5.85	1.04	0.92	0.95	0.99	1.03	0.99	4.32	3.40	0.61					
	3	3.96	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.12	5.22	0.93	0.10	0.32	0.95	0.64	2.51	2.41	0.43	0.41	1.76	1.15			
JUN	1	3.96	0.80	0.56	2.00	1.10	0	0	0	0	1.25	2.69	0.48	0.10	0.32	0.32	0.32	1.27	1.16	0.21						
	2	3.96	0.00	0.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.40	2.39	0.00	0.36	0.10	0.5	0.50	2.13	2.13	0.38						
	3	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	13.40	2.39	0.00	0.53	0.5	0.52	2.20	2.20	0.39							
JUL	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.33	8.43	1.50	0.00	0.84	0.53	0.65	3.17	3.17	0.56						
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	5.33	8.43	1.50	0.00	0.84	0.53	0.65	3.17	3.17	0.56						
	3	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	1.07	1.10	1.10	1.09	5.29	8.38	1.49	0.00	0.99	0.84	0.59	0.81	3.91	0.70	4.67	2.09				
AGS	1	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.07	1.10	1.07	5.21	9.41	1.67	0.00	1.05	0.99	1.04	0.96	4.66	0.86	0.93					
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.05	1.07	1.06	5.56	8.66	1.54	0.00	1.03	1.05	0.99	1.02	5.38	5.38	0.96	4.63	2.85			
	3	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.03	5.40	9.60	1.71	0.00	0.99	1.03	1.05	0.99	5.21	5.21	0.93					
SEP	1	5.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	4.67	7.77	1.38	0.00	0.95	0.99	1.03	0.99	5.21	5.21	0.93					
	2	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.73	5.83	1.04	0.03	0.32	0.95	0.64	3.23	3.20	0.68	2.00	1.53				
	3	5.09	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0.63	0.32	1.60	3.30	0.64	0.03	0.32	0.32	0.32	0.95	0.64	3.23	3.20	0.57	2.00	1.53			
OKT	1	5.09	0.25	0.18	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	14.09	13.84	2.47	0.48	0.5	0.5	0.50	2.41	1.93	0.34						
	2	4.82	0.35	0.25	2.00	1.10	LP	LP	LP	LP	14.09	13.84	2.47	0.48	0.53	0.5	0.54	2.48	2.01	0.36	7.09	1.08				
	3	4.82	2.50	1.75	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	6.21	8.09	1.44	1.39	0.84	0.59	0.53	0.65	3.69	2.30	0.41					
NOV	1	5.65	1.75	1.23	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	6.21	8.09	1.44	1.39	0.84	0.59	0.53	0.65	3.69	2.30	0.41					
	2	5.65	5.50	3.85	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	6.15	5.40	0.96	1.39	0.99	0.84	0.59	0.81	4.55	3.16	0.56	3.87	1.69			
	3	5.65	2.85	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	6.06	8.27	1.47	1.39	1.05	0.99	0.84	0.96	5.42	4.03	0.72					

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.6 Perhitungan Kebutuhan Air untuk Irigasi Pola Tanam Padi/Palawija – Padi/Palawija – Padi/Palawija, Awal Tanam April I, Agustus I, Desember I

Bulan	Periode	PET (mm/hr)	Re 80%				P (mm/hr)	WLR (mm/hr)	Tanaman Padi					Tanaman Palawija					Total Kebutuhan Air									
			3	4	5	6			ke-1	ke-2	ke-3	ke	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
JAN	1	4.88	6.75	4.73	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	5.32	3.74	0.67	2.59	0.84	0.59	0.53	0.65	3.19	0.59	0.11					
	2	4.88	4.45	3.12	2.00	1.00	1.07	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	5.32	5.30	0.94	0.59	0.84	0.59	0.81	3.93	1.34	0.24	1.99		0.72			
	3	4.88	10.40	7.28	2.00	2.20	1.10	1.05	1.07	1.10	1.10	1.07	5.23	2.15	0.38	2.59	1.05	0.99	0.84	0.96	4.68	2.09	0.37					
FEB	1	4.63	7.05	4.94	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.06	4.89	2.36	0.42	2.55	1.03	1.05	1.02	4.74	2.19	0.39	1.61		1.14			
	2	4.63	7.05	4.94	2.00	2.20	1.10	0.98	1.05	1.05	1.03	1.03	4.75	4.02	0.72	2.55	0.99	1.03	1.05	1.02	4.74	2.19	0.39					
	3	4.63	6.50	4.55	2.00	1.10	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	1.05	4.10	2.65	0.47	2.55	0.95	0.99	1.03	0.99	4.58	2.04	0.36					
MAR	1	4.62	4.15	2.91	2.00	1.10	1.10	0	0.63	0.98	0.54	2.48	2.67	0.48	2.01	0.32	0.95	0.95	0.64	2.93	0.92	0.16	0.48		0.42			
	2	4.62	6.20	4.34	2.00	1.00	1.10	0	0	0.63	0.32	1.45	-0.89	0.00	2.01	0.32	0.95	0.95	0.64	2.93	0.92	0.16						
	3	4.62	6.05	4.24	2.00	1.00	1.10	0	0	0	0	0.00	-2.24	0.00	2.01	0.32	0.95	0.95	0.64	2.93	0.92	0.16						
APR	1	4.52	6.30	4.41	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.88	9.47	1.69	1.46	0.5	0.53	0.5	0.53	0.50	2.26	0.80	0.14	5.97	0.47		
	2	4.52	4.75	3.25	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.88	10.73	1.91	1.46	0.53	0.53	0.5	0.53	0.53	2.33	0.87	0.15				
	3	4.52	4.75	3.25	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.88	10.73	1.91	1.46	0.53	0.53	0.5	0.53	0.53	2.33	0.87	0.15				
MEI	1	4.36	5.15	3.61	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	4.76	7.65	0.36	0.92	0.84	0.89	0.84	0.89	3.82	1.60	0.46	3.51	1.39			
	2	4.36	1.60	1.12	2.00	2.20	1.10	1.05	1.07	1.10	1.10	1.07	4.68	7.76	1.38	0.92	1.05	0.99	0.84	0.96	4.19	3.27	0.58					
	3	4.36	0.00	0.00	2.00	1.10	1.05	1.05	1.05	1.07	1.06	1.06	4.18	7.28	1.30	1.01	1.03	1.05	0.99	1.02	4.05	3.94	0.70	3.84	2.08			
JUN	1	3.96	0.80	0.56	2.00	2.20	1.10	0.98	1.05	1.05	1.03	1.03	4.06	7.37	1.17	1.10	0.95	0.99	1.03	0.99	3.92	3.81	0.68					
	2	3.96	0.00	0.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	1.05	3.51	6.61	1.18	1.10	0.95	0.99	1.03	0.99	3.92	3.81	0.68						
	3	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0	0.63	0.98	0.54	2.29	5.39	0.96	0.00	0.32	0.95	0.99	0.75	3.21	3.21	0.57	1.91	1.30				
JUL	1	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	3	4.26	0.00	0.00	2.00	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
AGS	1	4.85	0.00	0.00	2.00	2.00	1.0	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.80	13.80	2.46	0.00	0.5	0.53	0.5	0.53	0.50	2.42	2.42	0.43	7.37	1.34		
	2	4.85	0.00	0.00	2.00	2.00	1.0	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.80	13.80	2.46	0.00	0.59	0.53	0.5	0.54	2.62	2.62	0.47					
	3	4.85	0.00	0.00	2.00	2.00	1.0	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	13.80	13.80	2.46	0.00	0.84	0.59	0.53	0.65	3.44	3.44	0.61					
SEP	1	5.26	0.00	0.00	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	5.74	8.84	1.57	0.00	0.99	0.84	0.99	0.81	4.24	4.24	0.76	4.91	2.27			
	2	5.26	0.00	0.00	2.00	2.20	1.10	1.05	1.07	1.10	1.10	1.07	5.65	9.85	1.75	0.00	1.05	0.99	0.84	0.96	5.05	5.05	0.90					
	3	5.26	0.00	0.00	2.00	2.20	1.10	1.05	1.05	1.05	1.06	5.37	8.47	1.51	0.03	1.03	1.05	0.99	1.02	5.21	5.17	0.92	4.51	2.73				
OKT	1	5.09	0.00	0.00	2.00	2.00	1.10	0.98	1.05	1.05	1.03	1.03	5.22	9.42	1.68	0.03	0.99	1.03	1.05	1.02	5.21	5.17	0.92					
	2	5.09	0.25	0.18	2.00	2.00	1.10	0.63	0.98	1.05	0.89	1.05	4.51	7.44	1.32	0.03	0.95	0.99	1.03	0.99	5.04	5.00	0.89					
	3	5.09	0.35	0.25	2.00	2.00	1.10	0	0	0.63	0.98	0.54	2.29	5.44	0.97	0.48	0.32	0.95	0.99	0.75	3.63	3.16	0.56	1.56	1.21			
NOV	1	4.82	0.65	0.46	2.00	2.00	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	2	4.82	0.65	0.46	2.00	2.00	1.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	3	4.82	1.75	1.23	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	14.35	13.13	2.34	1.39	0.5	0.32	0.50	2.82	1.43	0.26	0.82					
DES	1	5.65	3.50	3.85	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	14.35	10.50	1.87	1.39	0.53	0.5	0.54	3.05	1.62	0.27	6.41	0.82				
	2	5.65	2.85	2.00	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	14.35	12.36	2.20	1.39	0.59	0.53	0.5	0.54	3.05	1.66	0.30					
	3	5.65	2.85	2.00	2.00	2.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	14.35	12.36	2.20	1.39	0.59	0.53	0.5	0.54	3.05	1.66	0.30					

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut penjelasan perhitungan yang terdapat pada tabel 5.3.

- Kolom 1, 2 = bulan dan dekade
- Kolom 3 = evapotranspirasi (tabel 4.3) (mm/hari)
- Kolom 4 = Curah hujan dengan peluang keandalan 80% (tabel 4.5) (mm/hari)
- Kolom 5 = Hujan efektif untuk tanaman padi (tabel 4.8) (mm/hari)
- Kolom 6 = besarnya perkolasi = 2 mm/hari
- Kolom 7 = *Water Layer Requirement* (mm/hari)
- Kolom 8-10, 16-18 = Koefisien tanaman c (tabel 2.2)
- Kolom 11, 19 = Rata-rata koefisien tanaman per dekade
- Kolom 12 = $kc \times ETo$ (mm/hari)
- Kolom 13, 21 = kebutuhan air bersih untuk irigasi (NFR) (mm/hari)
 - $NFR_{padi} = Etc - Re$ (untuk masa penyiapan lahan)
 - $NFR_{padi} = Etc + P - Re + WLR$
 - $NFR_{pol} = Etc - Re_{pol}$
- Kolom 14, 22 = Kebutuhan air di intake (DR) (lt/dt/ha) (kolom 13, 21 / 0,65 x 8,64)
- Kolom 23, 24 = Total Kebutuhan air di intake tiap bulan (DR) (lt/dt/ha)

Tabel 5.7 *Plotting* Kebutuhan Debit untuk Irigasi di Tiap Musimnya (Tiap Bulan)

Awal Tanam	Kebutuhan Air Untuk Tanaman Padi dan Pakwija (Lirder/Ha)												Jenis Tanaman
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des	
X1	6.41	1.99	1.61	0.48									Padi
X2			1.85	2.25	0.51								
X3		4.69	5.13	2.49	2.80	1.05							
X4					3.04	3.28	1.76						
X5					5.97	3.51	3.84	1.91					
X6						6.32	4.05	4.11	2.00				
X7							7.12	4.33	4.42	2.06			
X8								7.16	4.67	4.63	2.00		
X9									7.37	4.91	4.51	1.56	
X10	0.87									7.69	7.43	3.97	
X11	3.58	0.25										4.22	Palawija
X12	3.87	1.74	0.00									7.09	
P1	0.82	0.72	1.14	0.42									
P2													
P3					0.60								
P4					1.66	0.84							
P5					1.17	1.87	1.15						
P6					0.47	1.39	2.08	1.30					
P7						0.72	1.65	2.31	1.48				
P8							1.04	1.84	2.62	1.60			
P9								1.18	2.09	2.85	1.53		
P10	0.97								1.34	2.27	2.17	1.21	
P11	2.31									1.46	1.39	2.35	
P12	1.69	0.28	0.24									1.82	

Sumber: Hasil Perhitungan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

ANALISA OPTIMASI

6.1 Model Optimasi

Dalam studi ini, penggunaan model optimasi merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan dalam pengelolaan dan pemanfaatan air. Di samping itu juga ditujukan pada pengembangan daerah studi, agar daerah tersebut bisa menghasilkan keuntungan hasil produksi yang maksimum.

Pada pengembangan di daerah irigasi Ngasinan ini diharapkan mampu mengatasi masalah ketidakseimbangan air pada daerah tersebut. Untuk itu diperlukan cara untuk menentukan metode pengembangan, yang dalam hal ini ialah dengan menentukan luasan lahan tiap masing-masing jenis tanaman yang ada di daerah tersebut. Hal ini juga didasarkan pada ketersediaan air irigasi di lokasi yang bersumber pada debit *inflow* Sungai Keser. Selanjutnya akan digunakan analisa optimasi yang bertujuan untuk pembagian luasan tersebut di atas benar-benar optimal dan mendapatkan hasil produksi yang maksimal.

Untuk memperoleh hasil yang optimal tersebut, dapat diselesaikan dengan pendekatan optimasi. Optimasi merupakan suatu cara untuk membuat nilai suatu fungsi agar beberapa variable yang ada menjadi maksimum atau minimum dengan memperhatikan kendala-kendala yang ada.

Dalam studi ini untuk memperoleh penyelesaian yang optimal dilakukan dengan model optimasi. Persamaan yang digunakan ialah persamaan linear, sehingga disebut dengan Linear Programming. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Menentukan model optimasi.

2. Menentukan peubah-peubah yang akan dioptimalkan (dalam studi ini yang akan dioptimalkan ialah luasan lahan sawah dan harga produksi panen).
3. Menghitung harga batasan yang ada dalam persamaan model optimasi (berdasarkan hasil perhitungan bab IV dan bab V).
4. Penyusunan model matematis.

Model matematis dalam analisa optimasi terdiri dari:

a. Fungsi Sasaran / Tujuan

Fungsi sasaran / tujuan ini merupakan suatu rumusan dari tujuan pokok, yaitu hubungan antara peubah-peubah yang akan dioptimalkan. Dalam optimasi ini, yaitu:

Memaksimalkan : nilai keuntungan dan luas lahan

Meminimalkan : kerugian

b. Fungsi Kendala / Batasan

Fungsi kendala merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama, yaitu debit andalan yang tersedia dan luas lahan daerah irigasi eksisting.

6.2 Produktivitas dan Harga Hasil Panen

Tabel 6.1 Nilai Produksi dan Biaya Produksi Padi dan Palawija tahun 2014 di Kabupaten Trenggalek

Jenis Tanaman	Nilai Produksi (Rupiah)	Biaya Produksi (Rupiah)	Keuntungan (Rupiah)
1	2	3	4
Padi	28,390,693.20	5,325,000.00	23,065,693.20
Jagung	18,332,625.00	6,760,000.00	11,572,625.00

6.3 Model Matematika Optimasi

Untuk memperoleh hasil yang efektif, dengan maksud mendekati kondisi kenyataan yang ada dengan metode yang dipakai maka analisa ini dilakukan dengan mengambil batasan yang mengacu pada persyaratan sesuai kondisi di lapangan sebagai berikut:

1. Daerah irigasi Ngasinan eksisting seluas 1.931 Ha. Dalam studi ini luasan yang dioptimasi sesuai dengan luasan eksisting.
2. Penanaman padi dan palawija (jagung) dilakukan pada musim hujan, kemarau I dan II dengan cara optimasi yang didasarkan pada program linier.
3. Untuk ketersediaan air yang akan digunakan untuk mengoptimasi luas lahan ialah dengan menjumlahkan kapasitas debit andalan sesuai dengan tiap bulannya.
4. Kapasitas debit andalan Sungai Keser yang dioptimasi merupakan kapasitas debit andalan total setelah dikurangi kebutuhan air baku.
5. Model yang digunakan sebagai berikut:

Contoh perhitungan model optimasi (pola tanam padi/palawija – padi/palawija – padi/palawija awal tanam disetiap bulan):

QM for Windows - C:\Users\Aziszeptian\Desktop\fx\TA\Kauntungan.lin - [Data Table]

File Edit View Module Format Tools Window Help

Objective
Instance
Parameters

Introduction
This cell can not be changed

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	P1	P2
Maximize	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	23065690	11572630	11572630
Q80 Januari	4.691	0	0	0	0	0	0	0	0	25	1.741	1.991	01	0
Q80 Februari	1.85	5.132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.61	.63	0
Q80 Maret	2.25	2.49	5.243	0	0	0	0	0	0	0	0	.48	1.42	.91
Q80 April	.51	2.8	3.04	5.973	0	0	0	0	0	0	0	0	.6	1.66
Q80 Mei	0	1.05	3.28	3.51	6.324	0	0	0	0	0	0	0	0	.84
Q80 Juni	0	0	1.76	3.84	4.05	7.124	0	0	0	0	0	0	0	0
Q80 Juli	0	0	0	1.91	4.11	4.33	7.164	0	0	0	0	0	0	0
Q80 Agustus	0	0	0	0	2	4.42	4.67	7.374	0	0	0	0	0	0
Q80 September	0	0	0	0	0	2.06	4.63	4.91	7.694	0	0	0	0	0
Q80 Oktober	0	0	0	0	0	0	2	4.51	4.78	7.434	0	0	0	0
Q80 November	0	0	0	0	0	0	0	1.56	3.97	4.22	7.093	0	0	0
Q80 Desember	0	0	0	0	0	0	0	0	.87	3.58	3.87	6.416	0	0
Luas (Januari)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Luas (Februari)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Luas (Maret)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Luas (April)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Luas (Mei)	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Luas (Juni)	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Luas (Juli)	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Luas (Agustus)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Luas (September)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Luas (Oktober)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Luas (November)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Luas (Desember)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0

Gambar 6.1 Model Matematika Optimasi dalam Program Linier

QM for Windows - C:\Users\Azzception\Desktop\fixTA\Keuntungan\fin - [Data Table]													
Objective	Instruction				Enter the name for this variable. Almost any character is permissible.								
	File Edit View Module Format Tools Window Help												
	<div> <div> <div></div> <div>Maximize</div> </div> <div> <div></div> <div>Restore Down</div> </div> <div> <div></div> <div>Close</div> </div> </div> <div>Minimize</div>												
Optimasi Ad Waduk Tugu Uluak Di Ngasonan													
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	RHS	Equation
Maximize	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630	11572630		Max + 3065692-07
Q80 Januari	0	0	0	0	0	0	0	0	28	1.25	.721	<=	2821.014 + 4.69(X1 + 25X
Q80 Februari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.24	1.14	<=	1.85(X1 + 5.132
Q80 Maret	.91	.201	0	0	0	0	0	0	0	0	.42	<=	2.25(X1 + 2.49
Q80 April	1.66	1.17	.471	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	2.53(X1 + 2.882 + 3
Q80 Mei	.84	1.87	1.39	.721	0	0	0	0	0	0	0	<=	2.833.17 + 1.05(X2 + 3.28
Q80 Juni	0	1.15	2.08	1.65	1.04	0	0	0	0	0	0	<=	1.566.22 + 1.76(X3 + 3.84
Q80 Juli	0	0	1.3	2.31	1.84	1.182	0	0	0	0	0	<=	1.424.67 + 1.91(X4 + 4.11
Q80 Agustus	0	0	0	1.48	2.62	2.09	1.342	0	0	0	0	<=	1.309.55 + 2.55 + 4.42(X6 + 4
Q80 September	0	0	0	0	1.6	2.85	2.27	1.462	0	0	0	<=	1.280.45 + 2.06(X6 + 4.63
Q80 Oktober	0	0	0	0	0	1.53	2.73	2.17	1.391	0	0	<=	1.110.17 + 2.57 + 4.51(X8 + 4
Q80 November	0	0	0	0	0	0	1.21	2.35	1.82	1.081	0	<=	1.426.7 + 1.56(X8 + 3.97
Q80 Desember	0	0	0	0	0	0	0	.97	2.31	1.69	.82	<=	2.245.62 + 3.79(X9 + 3.58X
Luas (Januari)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	<=	1931 + X1 + X2 + X11 + 2
Luas (Februari)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<=	1931 + X1 + X2 + X11 + X12
Luas (Maret)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	1931 + X1 + X2 + X3 + X12
Luas (April)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	1931 + X1 + X2 + X3 + X4 +
Luas (Mei)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	<=	1931 + X2 + X3 + X4 + X5 +
Luas (Juni)	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	<=	1931 + X3 + X4 + X5 + X6 +
Luas (Juli)	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	<=	1931 + X4 + X5 + X6 + X7 +
Luas (Agustus)	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	<=	1931 + X5 + X6 + X7 + X8 +
Luas (September)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	<=	1931 + X6 + X7 + X8 + X9 +
Luas (Oktober)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	<=	1931 + X7 + X8 + X9 + X10
Luas (November)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	<=	1931 + X8 + X9 + X10 + X11
Luas (Desember)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	<=	1931 + X9 + X10 + X11 + X12

Gambar 6.1 Model Matematika Optimasi dalam Program Linier (Lanjutan)

1. Fungsi tujuannya adalah:

Maksimalkan

$$\begin{aligned}
 Z = & A.X_1 + A.X_2 + A.X_3 + A.X_4 + A.X_5 + A.X_6 + \\
 & A.X_7 + A.X_8 + A.X_9 + A.X_{10} + A.X_{11} + A.X_{12} + \\
 & B.P_1 + B.P_2 + B.P_3 + B.P_4 + B.P_5 + B.P_6 + \\
 & B.P_7 + B.P_8 + B.P_9 + B.P_{10} + B.P_{11} + B.P_{12}
 \end{aligned}$$

Dimana:

Z = Nilai tujuan yang akan dicapai (maksimalkan (Rp) keuntungan)

A = Pendapatan bersih produk padi (Rp/Ha)

B = Pendapatan bersih produk kedelai (Rp/Ha)

X_1 = Luasan areal tanam padi pada bulan Januari I (Ha)

X_2 = Luasan areal tanam padi pada bulan Februari I (Ha)

X_3 = Luasan areal tanam padi pada bulan Maret I (Ha)

X_4 = Luasan areal tanam padi pada bulan April I (Ha)

X_5 = Luasan areal tanam padi pada bulan Mei I (Ha)

X_6 = Luasan areal tanam padi pada bulan Juni I (Ha)

X_7 = Luasan areal tanam padi pada bulan Juli I (Ha)

X_8 = Luasan areal tanam padi pada bulan Agustus I (Ha)

X_9 = Luasan areal tanam padi pada bulan September I (Ha)

X_{10} = Luasan areal tanam padi pada bulan Oktober I (Ha)

X_{11} = Luasan areal tanam padi pada bulan November I (Ha)

X_{12} = Luasan areal tanam padi pada bulan Desember I (Ha)

P_1 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Januari I (Ha)

P_2 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Februari I (Ha)

P_3 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Maret I (Ha)

P_4 = Luasan areal tanam jagung pada bulan April I (Ha)

P_5 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Mei I (Ha)

P_6 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Juni I (Ha)

P_7 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Juli I (Ha)

P_8 = Luasan areal tanam jagung pada bulan Agustus I (Ha)

P_9 = Luasan areal tanam jagung pada bulan September I (Ha)

P_{10} = Luasan areal tanam jagung pada bulan Oktober I (Ha)

P_{11} = Luasan areal tanam jagung pada bulan November I (Ha)

P_{12} = Luasan areal tanam jagung pada bulan Desember I (Ha)

- a. Konstanta A dan B sebagai input konstan yang disebut parameter model. (Lihat tabel 6.1 dan rekapan perhitungan kebutuhan air untuk irigasi alternatif 1).
- b. Berdasarkan konstanta yang diperoleh dari tabel 6.1, dengan fungsi tujuannya ialah memaksimalkan keuntungan maka persamaan tujuannya:

$$\begin{aligned}
 Z = & 23,065,693 \quad P_1 + 23,065,693 \quad P_2 + 23,065,693 \quad P_3 + \\
 & 23,065,693 \quad P_4 + 23,065,693 \quad P_5 + 23,065,693 \quad P_6 + \\
 & 23,065,693 \quad P_7 + 23,065,693 \quad P_8 + 23,065,693 \quad P_9 + \\
 & 23,065,693 \quad P_{10} + 23,065,693 \quad P_{11} + 23,065,693 \quad P_{12} + \\
 & 11,572,625 \quad J_1 + 11,572,625 \quad J_2 + 11,572,625 \quad J_3 + \\
 & 11,572,625 \quad J_4 + 11,572,625 \quad J_5 + 11,572,625 \quad J_6 + \\
 & 11,572,625 \quad J_7 + 11,572,625 \quad J_8 + 11,572,625 \quad J_9 + \\
 & 11,572,625 \quad J_{10} + 11,572,625 \quad J_{11} + 11,572,625 \quad J_{12}
 \end{aligned}$$

2. Fungsi batasan debit untuk tanaman padi adalah:

$$\begin{array}{rcl}
 D_1 \cdot X_1 & & \\
 D_2 \cdot X_1 + D_2 \cdot X_2 & & \\
 D_3 \cdot X_1 + D_3 \cdot X_2 + D_3 \cdot X_3 & & \\
 D_4 \cdot X_1 + D_4 \cdot X_2 + D_4 \cdot X_3 + D_4 \cdot X_4 & & \\
 \quad D_5 \cdot X_2 + D_5 \cdot X_3 + D_5 \cdot X_4 + D_5 \cdot X_5 & & \\
 \quad \quad D_6 \cdot X_3 + D_6 \cdot X_4 + D_6 \cdot X_5 + D_6 \cdot X_6 & & \\
 \quad \quad \quad D_7 \cdot X_4 + D_7 \cdot X_5 + D_7 \cdot X_6 + D_7 \cdot X_7 & & \\
 \quad \quad \quad \quad D_8 \cdot X_5 + D_8 \cdot X_6 + D_8 \cdot X_7 + D_8 \cdot X_8 & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad D_9 \cdot X_6 + D_9 \cdot X_7 + D_9 \cdot X_8 + D_9 \cdot X_9 & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad D_{10} \cdot X_7 + D_{10} \cdot X_8 + D_{10} \cdot X_9 + D_{10} \cdot X_{10} & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad D_{11} \cdot X_8 + D_{11} \cdot X_9 + D_{11} \cdot X_{10} + D_{11} \cdot X_{11} & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad D_{12} \cdot X_9 + D_{12} \cdot X_{10} + D_{12} \cdot X_{11} + D_{12} \cdot X_{12} & & \\
 & & \leq V_1 \\
 & & \leq V_2 \\
 & & \leq V_3 \\
 & & \leq V_4 \\
 & & \leq V_5 \\
 & & \leq V_6 \\
 & & \leq V_7 \\
 & & \leq V_8 \\
 & & \leq V_9 \\
 & & \leq V_{10} \\
 & & \leq V_{11} \\
 & & \leq V_{12}
 \end{array}$$

3. Fungsi batasan debit untuk tanaman jagung adalah:

$$\begin{array}{rcl}
 D_1.P_1 & & \\
 D_2.P_1 + D_2.P_2 & & \\
 D_3.P_1 + D_3.P_2 + D_3.P_3 & & \\
 D_4.P_1 + D_4.P_2 + D_4.P_3 + D_4.P_4 & & \\
 \quad D_5.P_2 + D_5.P_3 + D_5.P_4 + D_5.P_5 & & \\
 \quad \quad D_6.P_3 + D_6.P_4 + D_6.P_5 + D_6.P_6 & & \\
 \quad \quad D_7.P_4 + D_7.P_5 + D_7.P_6 + D_7.P_7 & & \\
 \quad \quad \quad D_8.P_5 + D_8.P_6 + D_8.P_7 + D_8.P_8 & & \\
 \quad \quad \quad \quad D_9.P_6 + D_9.P_7 + D_9.P_8 + D_9.P_9 & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad D_{10}.P_7 + D_{10}.P_8 + D_{10}.P_9 + D_{10}.P_{10} & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad D_{11}.P_8 + D_{11}.P_9 + D_{11}.P_{10} + D_{11}.P_{11} & & \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad D_{12}.P_9 + D_{12}.P_{10} + D_{12}.P_{11} + D_{12}.P_{12} & & \\
 + D_1.P_{10} + D_1.P_{11} + D_1.P_{12} & \leq & V_1 \\
 + D_2.P_{11} + D_2.P_{12} & \leq & V_2 \\
 + D_3.P_{12} & \leq & V_3 \\
 & \leq & V_4 \\
 & \leq & V_5 \\
 & \leq & V_6 \\
 & \leq & V_7 \\
 & \leq & V_8 \\
 & \leq & V_9 \\
 & \leq & V_{10} \\
 & \leq & V_{11} \\
 & \leq & V_{12}
 \end{array}$$

Dimana:

D_1 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Januari
(lt/det/ha)

D_2 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Februari
(lt/det/ha)

D_3 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Maret
(lt/det/ha)

D_4 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan April
(lt/det/ha)

D_5 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Mei
(lt/det/ha)

D_6 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Juni
(lt/det/ha)

D_7 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Juli (lt/det/ha)

D_8 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Agustus
(lt/det/ha)

D_9 = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan September
(lt/det/ha)

D_{10} = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Oktober
(lt/det/ha)

D_{11} = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan November
(lt/det/ha)

D_{12} = Nilai DR/kebutuhan air tanaman pada bulan Desember
(lt/det/ha)

X_1, P_1 = Luasan areal tanam pada bulan Januari (Ha)

X_2, P_2 = Luasan areal tanam pada bulan Februari (Ha)

X_3, P_3 = Luasan areal tanam pada bulan Maret (Ha)

X_4, P_4 = Luasan areal tanam pada bulan April (Ha)

X_5, P_5 = Luasan areal tanam pada bulan Mei (Ha)

X_6, P_6 = Luasan areal tanam pada bulan Juni (Ha)

X_7, P_7 = Luasan areal tanam pada bulan Juli (Ha)

- X_8, P_8 = Luasan areal tanam pada bulan Agustus (Ha)
 X_9, P_9 = Luasan areal tanam pada bulan September (Ha)
 X_{10}, P_{10} = Luasan areal tanam pada bulan Oktober (Ha)
 X_{11}, P_{11} = Luasan areal tanam pada bulan November (Ha)
 X_{12}, P_{12} = Luasan areal tanam pada bulan Desember (Ha)
 V_1 = Debit yang tersedia pada bulan Januari
 V_2 = Debit yang tersedia pada bulan Februari
 V_3 = Debit yang tersedia pada bulan Maret
 V_4 = Debit yang tersedia pada bulan April
 V_5 = Debit yang tersedia pada bulan Mei
 V_6 = Debit yang tersedia pada bulan Juni
 V_7 = Debit yang tersedia pada bulan Juli
 V_8 = Debit yang tersedia pada bulan Agustus
 V_9 = Debit yang tersedia pada bulan September
 V_{10} = Debit yang tersedia pada bulan Oktober
 V_{11} = Debit yang tersedia pada bulan November
 V_{12} = Debit yang tersedia pada bulan Desember
 L = Luasan lahan yang tersedia (1931 Ha)

6.4 Perhitungan Optimasi

Berdasarkan model optimasi tersebut di atas, dengan menggunakan *Linear programming* dengan program bantu *QM for Windows 3* akan diperoleh luasan optimum yang akan menghasilkan hasil keuntungan produksi yang maksimum.

Berikut hasil yang diperoleh dari model tersebut:

QM for Windows - C:\Users\Atzeptian\Desktop\fix\TA\Keuntungan.lin - [Linear Programming Results]

File Edit View Module Format Tools Window Help

Objective
Maximize
Minimize

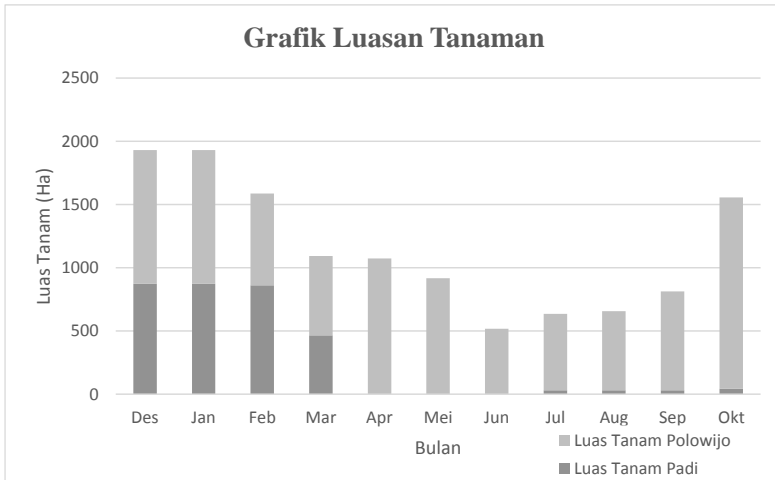
Iteration
These are more results available in additional windows. These may be opened by using the WINDOW option in the Main Menu.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	P1
Q80 Januari	4.691	0	0	0	0	0	0	0	0	.25	1.741	1.991	.01
Q80 Februari	1.85	5.132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.61	.63
Q80 Maret	2.25	2.49	5.243	0	0	0	0	0	0	0	0	-.48	1.42
Q80 April	.51	2.8	3.04	5.973	0	0	0	0	0	0	0	0	.6
Q80 Mei	0	1.05	3.28	3.51	6.324	0	0	0	0	0	0	0	0
Q80 Juni	0	0	1.76	3.84	4.05	7.124	0	0	0	0	0	0	0
Q80 Juli	0	0	0	1.91	4.11	4.33	7.164	0	0	0	0	0	0
Q80 Agustus	0	0	0	0	2	4.42	4.67	7.374	0	0	0	0	0
Q80 September	0	0	0	0	0	2.06	4.63	4.91	7.694	0	0	0	0
Q80 Oktober	0	0	0	0	0	0	2	4.51	4.78	7.434	0	0	0
Q80 November	0	0	0	0	0	0	0	1.56	3.97	4.22	7.093	0	0
Q80 Desember	0	0	0	0	0	0	0	0	.87	3.58	3.87	6.416	0
Luas (Januari)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Luas (Februari)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Luas (Maret)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Luas (April)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Luas (Mei)	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Luas (Juni)	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Luas (Juli)	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Luas (Agustus)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Luas (September)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Luas (Oktober)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Luas (November)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Luas (Desember)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Solution->	395.9339	465.5244	0	0	0	0	0	0	31.0285	0	0	12.5997	98.2863

Gambar 6.2 Hasil Optimasi dalam Program Linier

QM for Windows - C:\Users\Azzepshan\Desktop\fix\TA\Keuntungan.lin - [Linear Programming Results]													
File Edit View Module Format Tools Window Help													
Objective: Maximize													
There are more results available in additional windows. These may be opened by using the WINDOW option in the Main Menu.													
Optimasi Air Waduk Tugu Untuk DI Ngarasan Solusioin													
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	RES	L
Q80 Januari	0	0	0	0	0	0	0	0	.28	1.25	.721	<=	2821.014
Q80 Februari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.24	1.14	<=	4099.28
Q80 Maret	.91	.201	0	0	0	0	0	0	0	0	.42	<=	2530.27
Q80 April	1.66	1.17	.471	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	2833.17
Q80 Mei	.84	1.87	1.39	.721	0	0	0	0	0	0	0	<=	1467.91
Q80 Juni	0	1.15	2.08	1.65	1.04	0	0	0	0	0	0	<=	1566.22
Q80 Juli	0	0	1.3	2.31	1.84	1.182	0	0	0	0	0	<=	1424.67
Q80 Agustus	0	0	0	1.48	2.62	2.09	1.342	0	0	0	0	<=	1309.55
Q80 September	0	0	0	0	1.6	2.85	2.27	1.462	0	0	0	<=	1280.45
Q80 Oktober	0	0	0	0	0	1.53	2.73	2.17	1.391	0	0	<=	1110.17
Q80 November	0	0	0	0	0	0	1.21	2.35	1.82	1.081	0	<=	1426.7
Q80 Desember	0	0	0	0	0	0	0	.97	2.31	1.69	.82	<=	2245.62
Luas (Januari)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	<=	1931
Luas (Februari)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<=	1931
Luas (Maret)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<=	1931
Luas (April)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<=	1931
Luas (Mei)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	<=	1931
Luas (Juni)	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	<=	1931
Luas (Juli)	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	<=	1931
Luas (Agustus)	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	<=	1931
Luas (September)	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	<=	1931
Luas (Oktober)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	<=	1931
Luas (November)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	<=	1931
Luas (Desember)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	<=	1931
Solution->	0	219.2832	409.3857	0	444.7306	62.7448	9.8505	88.2111	465.5244	219.2832	739.3504		52778650000

Gambar 6.2 Hasil Optimasi dalam Program Linier (Lanjutan)



Gambar 6.3 Grafik Luas dari Pola Tata Tanam Hasil Optimasi

Dari nilai luasan masing-masing tanaman tersebut dimasukkan ke persamaan tujuan (*maximize Z*) sehingga dapat dihasilkan keuntungan produksi tanam sebesar ***Rp 52,778,650,000***.

6.5 Intensitas Tanam

Dari hasil optimasi diperoleh luasan total sebesar 3661,76 Ha, sehingga dapat diketahui intensitas tanamnya sebesar:

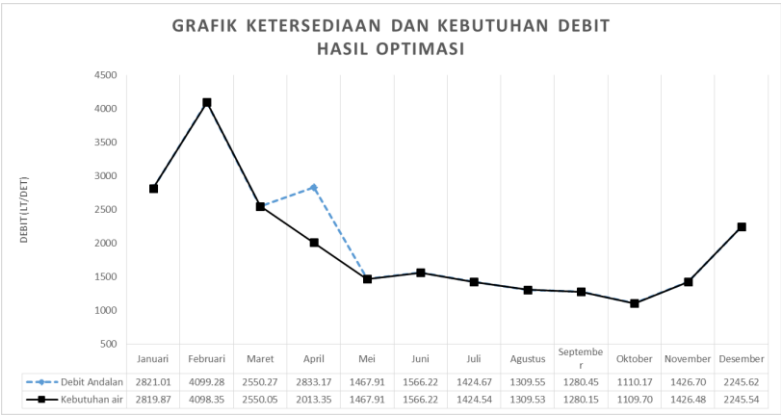
$$\begin{aligned}
 \text{Intensitas tanam} &= \frac{\text{luas tanam } i \times 100\%}{\text{luas baku sawah (1.931 Ha)}} \\
 &= \frac{3661,76 \times 100\%}{1931} \\
 &= 189,63 \%
 \end{aligned}$$

6.6 Analisa Stabilitas Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air

Tabel 6.3 Rekapitan Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air

Musim	Debit Inflow		Debit Outflow				Debit
	(m ³ /det)	(lt/det)	ALT.1	ALT.2	ALT.3	ALT.4	Outflow
	2	3	4	5	6	7	8
Januari	2.78	2782.01	1814.43	127.64	265.19	573.59	2780.85
Februari	4.06	4060.28	775.19	2338.46	50.92	894.81	4059.37
Maret	2.51	2511.27	1004.90	1135.04	42.43	328.68	2511.06
April	2.79	2794.17	254.20	1276.35	248.22	187.17	1965.94
Mei	1.43	1428.91	0.00	478.63	396.73	553.55	1428.91
Juni	1.53	1527.22	0.00	454.91	243.98	828.34	1527.22
Juli	1.39	1385.67	0.00	804.84	63.02	517.71	1385.56
Agustus	1.27	1270.55	0.00	1146.02	111.61	12.90	1270.53
September	1.24	1241.45	367.25	699.86	152.20	21.85	1241.16
Oktober	1.07	1071.17	329.11	633.62	81.71	26.28	1070.71
November	1.39	1387.70	317.09	829.63	229.13	11.65	1387.49
Desember	2.21	2206.62	105.83	1052.99	358.54	689.21	2206.57

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 6.4 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Debit Air

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa debit kebutuhan masih dikatakan aman karena berada di bawah garis debit andalan. Selain itu, terlihat bahwa garis debit andalan dan garis debit kebutuhan tidak memiliki perbedaan yang jauh, hal ini menandakan bahwa daerah irigasi Ngasinan telah teroptimasi.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- a. Jumlah ketersediaan air (dari perhitungan debit andalan) adalah sebagai berikut:
 - Jumlah ketersediaan air terbesar terdapat pada bulan Februari sebesar 4.099,28 liter/detik.
 - Jumlah ketersediaan air terkecil terdapat pada bulan Oktober sebesar 1110.17 liter/detik.
- b. Jumlah kebutuhan air (dari hasil optimasi) adalah sebagai berikut:
 - Jumlah kebutuhan air terbesar terdapat pada bulan Februari sebesar 4.098,35 liter/detik.
 - Jumlah kebutuhan air terkecil terdapat pada bulan Oktober sebesar 1109,70 liter/detik.
- c. Hasil keuntungan panen yang paling optimal sebesar Rp 52.778.650.000.
- d. Hasil intensitas tanam (dari analisa perhitungan optimasi) sebesar 189,63%.

7.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan berdasarkan hasil kesimpulan studi yang telah diperoleh antara lain sebagai berikut:

- a. Dalam pemilihan pola tanam dan pengaturan awal tanam hendaknya disesuaikan juga dengan kemauan para petani, karena kondisi di lapangan para petani sulit untuk menerima hasil dari studi.

- b. Berdasarkan pada hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk pola tanam optimum adalah padi/palawija – padi/palawija – padi/palawija.
- c. Hendaknya ditingkatkan pula masalah pengelolaan dan pemeliharaan di lapangan seperti bangunan air dan saluran yang selama ini kurang diperhatikan karena dapat menghambat dan memperbesar kebutuhan air selama perjalanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji. 2001. *Analisa Sistem Untuk Teknik Sipil*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Azizah, Tanjung. 2016. *Tugas Akhir Studi Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Tugu*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Direktorat Jenderal Pengairan. 1986. *Standard Perencanaan Irigasi (KP-01)*. Bandung: CV Galang Persada.
- Hall, W.A. and J.A Dracup. 1975. *Water Resources Systems Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Corp.
- Harto, Sri. 1993. *Analisa Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Imaaduddiin, Hafiizh. 2009. *Tugas Akhir Studi Optimasi Penggunaan Air pada Daerah Irigasi Mrican Kanan dengan menggunakan Program Linier*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Irigasi Andalan Jawa Timur. 2003. *Rehabilitasi Partisipatif Daerah Irigasi Waduk Gondang*. Surabaya: Laporan Pekerjaan SID.
- Pruitt, W.O dan Doorenbos, J. 1977. *Crop Water Requirement, FAO Irrigation and Drainage Paper*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Rahmi, Shintia. 2015. *Tugas Akhir Analisa Pembagian Air dan Optimasi Pola Tanam Irigasi Bendung Tempur Yogyakarta menggunakan Program Linier*. Surabaya: Teknik Sipil ITS.
- Subagyo, Pangestu. 1992. *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: Teknik Sipil UGM.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Azis Septian Bestari,



Penulis dilahirkan di Madiun, tanggal 8 September 1995. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Sandhy Putra Mojokerto (2000 – 2002), SD Islam Al-Azhar Mojokerto (2002 – 2008), SMP Negeri 4 Mojokerto (2008 – 2011), SMA Negeri 1 Sooko Mojokerto (2011 – 2014).

Penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2014, terdaftar dengan NRP 3114 030 010. Dan di Jurusan DIII Teknik Sipil ini, penulis mengambil konsentrasi Bangunan Keairan.

Selama perkuliahan, penulis juga pernah mengikuti berbagai kepanitiaan, seminar, pelatihan, dan peserta dalam berbagai kegiatan yang diadakan di tingkat Jurusan, Fakultas, Institut, serta mengikuti kegiatan perlombaan dibidang Teknik Sipil di luar Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, penulis menerima kritik dan saran yang membangun.

Ni Nyoman Adum Marrushartati,



Penulis dilahirkan di Surabaya, tanggal 19 Oktober 1996. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Fatah Driyorejo Gresik (2000 – 2002), SD Negeri Petiken III Gresik (2002 – 2008), SMP Negeri 16 Surabaya (2008 – 2011), SMA Negeri 13 Surabaya (2011 – 2014).

Penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS dan diterima di jurusan DIII Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2014, terdaftar dengan NRP 3114 030 030. Dan di Jurusan DIII Teknik Sipil ini, penulis mengambil konsentrasi Bangunan Keairan.

Selama perkuliahan, penulis juga pernah mengikuti berbagai kepanitiaan, seminar, pelatihan, dan peserta dalam berbagai kegiatan yang diadakan di tingkat Jurusan, Fakultas, Institut, serta aktif dalam Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil.

Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, penulis menerima kritik dan saran yang membangun.

Tabel A.1 Saturation Vapour Pressure (ea) in mbar as Function of Mean Air Temperature (T) in °C

Temperatur °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.8	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperatur °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

Tabel A.2 Values of Weighting Factor (W) and (1-W) for the Effect of Wind Humidity on Etc at Different Temperatures and Altitudes

Temperatur °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(W) at altitude m																				
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
4000	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.90
Temperatur °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(1 - W) at altitude m																				
0	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
500	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
1000	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
2000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
3000	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
4000	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Tabel A.3 Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day

Lat	Southern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
48°	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
46°	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
44°	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
42°	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
40°	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
38°	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
36°	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
34°	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
32°	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.8	12.4	15.1	17.2	18.1
30°	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
28°	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
26°	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
24°	17.5	16.5	14.8	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22°	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.6
20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.0
16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Tabel A.3 Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day (Lanjutan)

Lat	Northern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
50°	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48°	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46°	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44°	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42°	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40°	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38°	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36°	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34°	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32°	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.1
30°	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28°	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26°	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24°	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.2
22°	10.7	12.3	14.2	15.4	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20°	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18°	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16°	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.5
14°	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12°	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.3	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10°	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8°	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6°	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4°	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2°	14.7	15.3	15.6	15.2	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0°	15.0	15.5	15.7	15.5	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Tabel A.4 Effect of Temperature f(T)

T (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
f (T)	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.5	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Tabel A.5 Effect of Vapour Pressure f(ed) on Longwave Radiation (Rn1)

ed (mbar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
f (ed)	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

Tabel A.6 Effect of the Ratio Actual and Maximum Bright Sunshine Hours (n/N) on Longwave Radiation (Rn1)

n/N	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
f (n/N)	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.68	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1.00

Tabel A.7 Data Hujan 10 Harian Tugu

Bulan	Periode	Tahun														
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
JAN	I	76	62	31	221	75	40	145	0	77	77	113	329	217	240	200
	II	31	39	151	16	121	60	63	60	52	52	143	41	143	206	114
	III	64	55	155	279	126	60	183	128	53	53	238	60	143	89	264
FEB	I	45	191	175	120	88	35	18	166	78	78	132	360	90	96	0
	II	84	199	99	154	105	120	60	51	144	144	75	34	108	177	0
	III	86	42	33	87	243	140	100	90	157	157	25	108	130	82	200
MAR	I	155	28	0	268	106	65	36	28	151	151	173	112	247	137	0
	II	42	93	30	82	22	160	99	25	140	140	113	174	84	67	122
	III	97	145	40	0	22	97	6	172	177	177	128	111	50	45	98
APR	I	77	215	24	104	25	160	96	82	143	143	88	73	123	75	13
	II	183	176	114	38	15	88	326	56	35	35	170	51	80	105	21
	III	42	0	94	0	62	0	40	34	0	0	139	78	76	25	106
MEI	I	111	70	9	83	0	0	67	80	40	40	168	133	80	60	60
	II	106	0	6	0	55	0	0	74	144	144	138	138	71	20	38
	III	32	31	0	79	121	0	109	35	48	48	187	47	0	97	25
JUN	I	73	158	0	2	24	0	0	119	0	0	171	23	0	73	0
	II	18	163	0	0	5	0	0	13	0	0	49	4	0	113	14
	III	0	0	0	0	0	96	28	11	0	0	24	10	0	44	95
JUL	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	121
	II	0	0	0	0	0	19	0	16	0	0	0	0	15	43	104
	III	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	85	0
AUG	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0
	II	0	5	0	0	0	0	0	5	10	10	20	0	0	7	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0
SEP	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	185	0	0	0	0
	III	0	0	0	18	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OKT	I	0	12	0	0	0	0	0	0	39	39	78	0	29	0	0
	II	197	10	0	0	0	2	0	0	0	0	93	0	44	0	0
	III	215	0	0	58	0	19	0	90	38	38	255	0	12	16	0
NOV	I	85	109	1	109	52	0	0	238	133	133	270	25	0	35	0
	II	120	66	10	84	0	7	0	0	136	136	56	112	26	113	51
	III	149	155	0	137	233	43	0	15	85	85	123	65	88	78	33
DES	I	16	0	31	113	54	297	0	184	19	19	208	65	97	35	115
	II	136	0	45	72	0	182	42	167	48	48	55	157	106	113	212
	III	0	0	8	54	190	70	139	261	14	14	139	106	54	78	245

Tabel A.8 Data Hujan 10 Harian Pule

Bulan	Periode	Tahun														
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
JAN	I	94	161	60	204	60	71	194	16	135	135	23	282	186	363	205
	II	15	68	97	14	139	115	89	32	37	37	51	98	214	238	154
	III	144	187	198	149	92	225	151	133	31	31	237	168	133	84	175
FEB	I	221	157	193	119	118	27	55	233	171	211	184	197	71	231	84
	II	128	125	223	106	108	22	64	126	206	206	66	90	201	102	23
	III	149	0	64	118	58	8	159	149	63	63	105	118	147	45	166
MAR	I	172	0	83	189	99	51	58	27	57	57	72	185	207	179	40
	II	95	0	65	72	103	66	25	117	168	168	291	115	135	35	61
	III	149	158	81	46	55	127	57	246	221	221	136	160	83	129	75
APR	I	49	134	134	23	22	282	79	67	57	57	97	52	72	131	8
	II	86	90	107	9	37	110	285	135	55	55	86	47	83	139	71
	III	2	30	50	0	96	0	66	51	15	15	104	40	43	34	66
MEI	I	209	60	44	118	0	0	91	48	63	63	103	193	152	60	88
	II	166	0	0	5	40	0	32	143	47	47	214	275	15	25	115
	III	0	45	12	75	207	4	120	58	2	2	160	60	0	95	10
JUN	I	0	100	8	14	16	8	0	48	0	0	81	41	0	12	0
	II	35	178	0	40	12	114	16	6	22	22	51	0	0	66	5
	III	0	0	4	0	5	99	45	9	0	0	58	0	9	15	76
JUL	I	0	0	0	0	0	78	0	0	0	0	37	0	0	28	143
	II	0	7	2	11	23	97	15	7	0	0	25	0	22	30	137
	III	20	0	9	30	0	3	0	0	0	0	29	9	3	10	38
AUG	I	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	9	0	0	0	0	11	13	13	44	0	0	3	0
	III	0	0	0	0	2	2	0	4	9	9	46	0	0	0	0
SEP	I	0	8	0	0	0	9	0	0	4	4	90	3	0	0	0
	II	0	0	0	33	28	41	0	0	0	0	283	0	14	5	0
	III	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	139	0	3	0	3
OKT	I	0	115	0	25	0	0	11	0	43	43	8	0	0	0	0
	II	150	58	0	0	0	60	0	0	38	38	67	0	33	0	0
	III	0	65	0	24	0	68	0	180	83	83	140	12	44	0	5
NOV	I	40	100	6	96	0	0	0	363	265	265	243	99	13	0	7
	II	76	206	3	55	0	24	0	4	169	169	6	52	23	182	68
	III	0	16	0	125	147	7	9	0	143	143	82	88	158	52	66
DES	I	0	10	70	226	160	200	28	141	61	61	280	7	133	0	184
	II	111	3	25	120	28	226	112	129	62	62	103	122	155	182	199
	III	0	57	50	36	239	169	272	357	28	28	187	88	132	52	232